técnica

369

associação dos estudantes do instituto superior técnico

junho 1967

revista de engenharia

HELIAÇO

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

Fenner

REDUTORES DE VELOCIDADE
TIPO «PONTA DE VEIO»

mais de cem anos de progresso dos maiores fabricantes ingleses

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
AUTO-LUSITANIA
ALFREDO DUARTE L.da
AV. DA LIBERDADE 73-77 LISBOA

confiança para a construção com

materiais novobra

pavimentos
em betão pré-esforçado
(homologados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil)

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100 - 5.º D.º - TEL. 774832 / 771603 - LISBOA 5

CIMENTO SECIL

SECIL

Fábrica:
Outão — Setúbal
Telef. 228824/5

Escritório:
R. do Comércio, 56-3.º
LISBOA 2
Telef. 328201/2/3

técnica

NUMERO 369 * JUNHO DE 1967 * ANO XLII * VOLUME XXIX * PUBLICAÇÃO MENSAL

Director
Assis Farinha Martins

Administrador
V. M. Martins Pinto

Secretário
Victor Coias e Silva

Redactores
Carlos A. C. Moreira
J. E. Pinto Ferreira
João M. G. Caraça

Editor e Proprietário
Associação dos Estudantes
do Instituto Superior Técnico

Redacção e Administração
Avenida Rovisco Pais
Telefone 77 54 49
Lisboa 1

★

Assinaturas

		5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	—	70$00	130$00
Ultramar, Brasil e Espanha	—	80$00	140$00
Estrangeiro	—	90$00	150$00

Número avulso — 20$00

★

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Composto e impresso na Tipografia Jorge Fernandes, Lda. — Rua da Cruz dos Poiais, 103 — Lisboa

SUMÁRIO

443 *MANUEL GARRIDO* — **L'Analyse matricielle des machines electriques**
Matrix Analysis of electrical machines

457 *RANITO CATALÃO* — **Aspectos actuais da habitação económica**
A survey of present economy housing problems in Lisbon

473 *MARTA SEQUEIRA* — **A realização de circuitos impressos**
Production of printed circuits

477 *FORTUNADO BATISTA* — **A utilização de materiais plásticos na construção civil**
Plastic materials in civil engineering works

*

485 **Do Mundo Técnico**
Evolução das turbinas hidráulicas

472 **Notas Informativas**
Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional.

493 **Biblioteca**

CAPA: Estaleiro da Lisnave — Margueira

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXVI
AEG XIX
Aguiar e Melo, Lda. XXXVII
Auto-Lusitânia . . . . . 2.ª da capa

C

CIDEX IV
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Cerâmica de Vale de Lobos, Ltd.ª . . XXVIII
Companhia de Cimentos Brancos . . VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XXXVIII
Construções Técnicas XXXI

D

Dial XX

E

Electro-Arco, Ltd.ª IV
Empresa de Cimentos de Leiria . . V e IX
Empresa Electro Cerâmica XXXIV
Empresa de Produtos Asfálticos . . . X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações XVI
Escodel XXVIII

F

Fábricas Metalúrgicas ALBA VII
Fábrica Portugal II
Fanafel XVI
Fundações Franki, Lda. I

G

Guedes & Almeida, Lda. VI

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd. XXVI
Heliaço . . . . . 2.ª da capa

I

Pág.

ICI . . . . . XXXII e XXXIII
Isola XIV
Isolux, Ld. VII
I. S. T. XXXV

J

J. Silva & Irmão XIV
Jayme da Costa, Lda XVII
Johann Keller XXVIII

M

MAGUE XIII

N

Novobra, Lda. . . . . . 2.ª da capa

S

Soc. Const. Amadeu Gaudêncio . . XXXV
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Industrial Metalúrgica XXXIV
Soc. Michaelis de Vasconcelos . . . XII
Sociedade Portuguesa Cavan . . . VIII
Sondagens e Fundações A. Cavaco . IV
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXIV
Sopecate V
STET XXIX

T

TESSA III
Tudor XIV

U

Universal . . . . . XVII a XXIV

W

Wild Portugal, Lda. XV

PAVILHÃO DA FEIRA INTERNACIONAL DE LISBOA

Assente sobre Estacas FRANKI

FUNDAÇÕES FRANKI L.DA

RUA BRAAMCAMP, 13-3.º — LISBOA 1 — TEL. P. P. C. 53 41 12/3/4 — ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI — LISBOA

PRÉDIO SANTOS GIL, 6.º ANDAR — SALA 10 — TEL. 9 11 67 — CAIXA POSTAL 1397

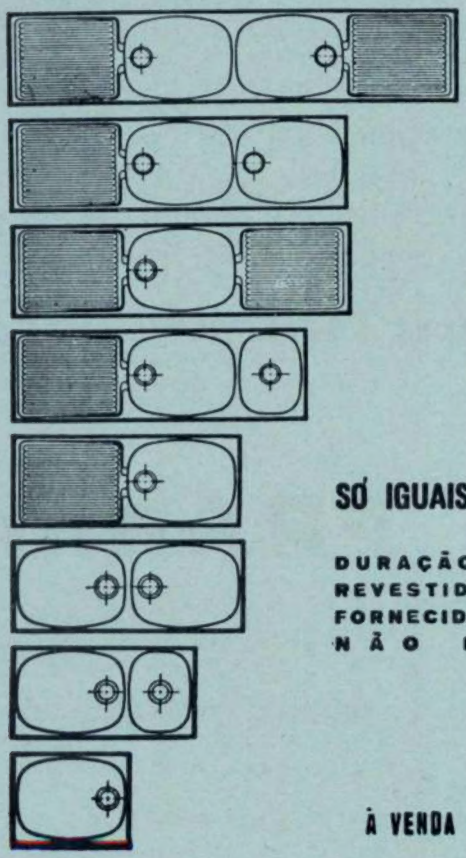
ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI—LOURENÇO MARQUES

USE NA SUA COZINHA UM ELEGANTE LAVA-LOUÇAS DE AÇO INOXIDÁVEL

CONCEBIDO PELA

FABRICA PORTUGAL

PARA MODERNIZAR OS LARES DE PORTUGAL



APRESENTADOS EM

8 MODELOS

"STANDARD"

EXECUTAM-SE FORA DE SÉRIE, MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES

SÓ IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

DURAÇÃO ILIMITADA • HIGIÉNICOS
REVESTIDOS DE ISOLAMENTO ESPECIAL
FORNECIDOS COM SIFÃO DE SEGURANÇA
NÃO PARTEM A LOUÇA

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE

Fitas adesivas para todas as aplicações

Estes rolos são apenas uma pequena fracção da nossa gama de fitas adesivas **tesa.**

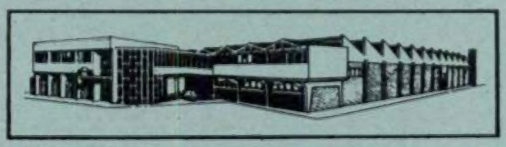
Temos muitas qualidades diferentes: incolor e a cores, em celofane e PVC, papel e tecido, com ou sem impressão, com massa colante de um ou dos dois lados (a gama de fitas adesivas **tesa** é a mais completa fabricada em Portugal, e em toda a Europa).

No entanto, todas as fitas **tesa** têm uma caracteristica em comum: cada uma foi cuidadosamente estudada e concebida segundo a sua aplicação.

Seja qual for a sua actividade profissional, temos uma fita adesiva própria para racionalizar o seu trabalho.

tesa

tesaband — tesaborde — tesafilm tesafix — tesaflex — tesafort tesakrepp — tesamoll — tesaprint — tesatip, são marcas registadas correspondentes a produtos originais «tesa» de alta qualidade.



BEIERSDORF PORTUGUESA S.A.L.R. / Queluz **Secção de Vendas: Lisboa – Praça da Alegria, 58-1.º Tel. 32 69 43, 32 29 57**

Bombas centrífugas «PACIFIC»

Construídas por

Batignolles - Chatillon

Especialmente destinadas para:
- Petróleos
- Indústrias quimicas
- Construções navais
- Centrais eléctricas
- Alimentação de caldeiras
- Etc., etc.

Sob as condições de funcionamento seguintes:
- Débitos: 1 m³/h a 10.000 m³/h
- Pressões: altas e baixas
- Temperaturas: −180° C + 500° C
- Líquidos: corrosivos ou não

Para estudos e orçamentos, consultar o representante em Portugal:

CIDEX — Comércio Internacional
e Representações Industriais, Lda.

Av. Casal Ribeiro, 46-2.°/Telef. 73 53 07/LISBOA 1

- ESTUDOS, PESQUISAS E CAPTAÇÕES DE ÁGUA
- SONDAGENS
- REBAIXAMENTO DE NÍVEIS AQUÍFEROS
- FUNDAÇÕES

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R/C ESQ. — LISBOA-1
- TELEF. 56 11 71/72/73

ELECTRO-ARCO, L.DA

ELÉCTRODOS ✦ POSTOS ✦ ACESSÓRIOS
PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

*

ESCOLAS DE SOLDADURA

—

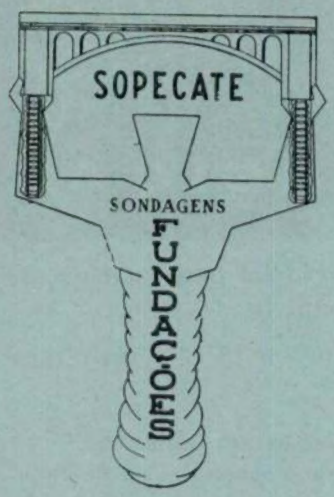
MATERIAL APROVADO PELOS
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS
GERMANISCHER LLOYD

—

LISBOA
Rua Silva Carvalho, 239
Tels. 68 36 49 - 68 48 93

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
Venda Nova — Amadora
Tels. 97 06 13 - 97 17 33

PORTO
Rua do Bolhão, 216
Tel. 2 12 77 - 39 44 73



SOPECATE

SONDAGENS
FUNDAÇÕES

Escritório — R. DO ARSENAL, 146, 2.º Esq., Dt.º e Fr.te
Estaleiro e Oficina — RUA PEREIRA HENRIQUES, 58

TELEFONES
SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS 34010
SERVIÇOS TÉCNICOS 320208
ESTALEIRO E OFICINAS 381238

LISBOA

BETÃO PRONTO

LIZ

A SUA UTILIZAÇÃO, NA OBRA,

EVITA PERDAS DE TEMPO
EVITA STOCKS DE CIMENTO
EVITA STOCKS DE MATERIAIS INERTES
AMPLIA OS ESPAÇOS LIVRES DO ESTALEIRO
MELHORA O ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE
GARANTE UMA HOMOGENEIDADE AO BETAO
ECONOMIZA MÃO-DE-OBRA
TEMPO E DINHEIRO

UM PRODUTO DAS CENTRAIS DE BETÃO
DA
EMPREZA DE CIMENTOS DE LEIRIA

1.ª CENTRAL — AV. INFANTE D. HENRIQUE — LOTE 572
2.ª CENTRAL — RUA B — QUINTA DO PAIZINHO — CARNAXIDE
TELEFONES 38 97 96 — 38 00 31 — 38 00 32

FÁBRICAS METALÚRGICAS

FUNDIÇÃO DE FERRO E LIGAS NÃO FERROSAS

artigos domésticos

acessórios para condutas adutoras

redes de distribuição de águas e de saneamento

aparelhagem agrícola e vinícola

acessórios para instalações eléctricas

artigos para construção civil

fundição em séries ou peça a peça, a partir de desenhos ou de modelos

orçamentos

laboratório privativo

AUGUSTO MARTINS PEREIRA, HERDEIROS

SEDE
ALBERGARIA-A-VELHA
TELEFS. 5 22 06/7
TELEGR. ALBA

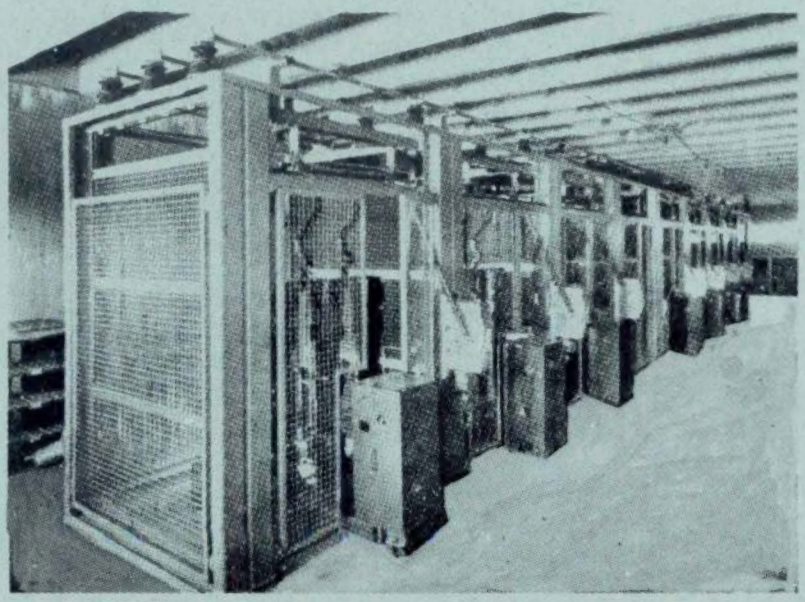
DELEGAÇÃO EM LISBOA
R. DOS CORREEIROS, 40, 2.º-ESQ
TELEFS. 32 13 63/4 • LISBOA-2
TELEGR. ALBA

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto
R. de Sá da Bandeira, 651 - 4.º
Tel. 2 70 13

Lisboa
L. Campo Pequeno, 21 - 4.º Esq.
Tel. 760964



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais

Subestações

Postos de Transformação

Fábricas

Edifícios públicos

Blocos residenciais

WABCO

WESTIN'GHOUSE
AIR BRAKE COMPANY

Construction Equipment Division
Peoria (Illinois) 61601

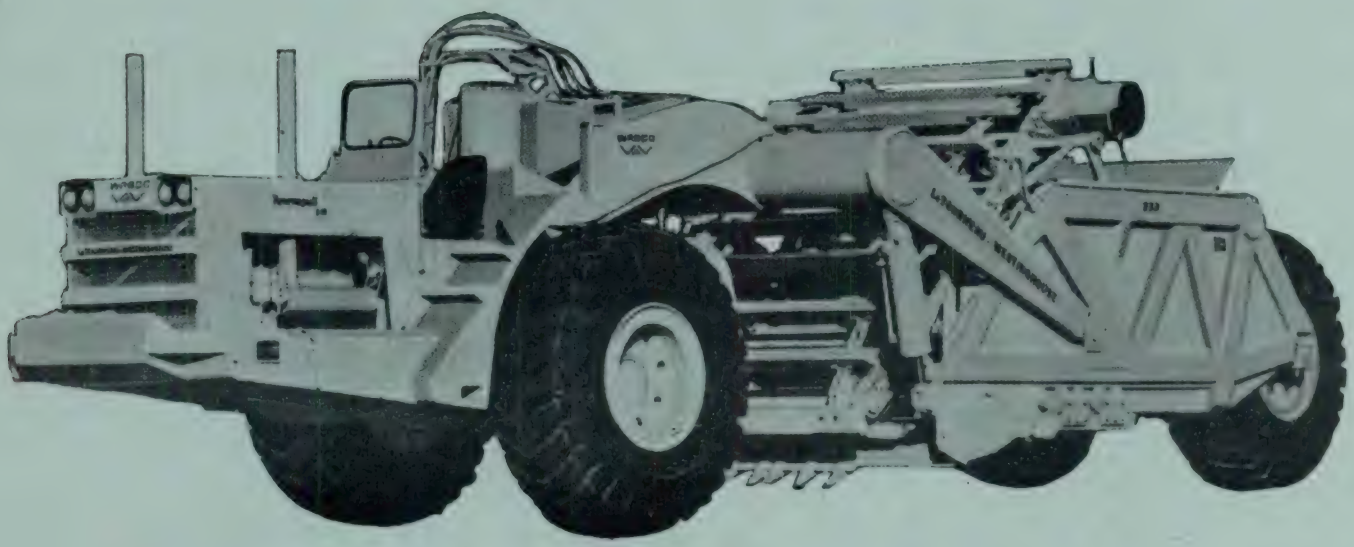
"TOURNAPULL-SCRAPERS"

LE TOURNEAU WESTINGHOUSE

CAPACIDADE DE 11, 21 E 31 JARDAS CÚBICAS

NÃO NECESSITA DE TRACTOR PARA EMPURRE!
UMA SÓ MÁQUINA... UM SÓ OPERADOR...

Escarifica... Carrega... Transporta... Descarrega... Em terrenos de toda a natureza!



DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA LDA.

Rua Áurea, 181-2.º — LISBOA-2 — TELEFS. 32 50 80 e 32 78 45

Através das suas organizações de: LISBOA • LUANDA LOBITO • NOVA LISBOA e Agências de: PORTO, GUINÉ, S. TOMÉ E PRÍNCIPE e CABO VERDE fornecerá todos os elementos técnicos, para criteriosa escolha, assistência técnica e sobresselentes.
A1-a

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS
COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

SOCIEDADE PORTUGUESA **Carvam**

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A-LISBOA-1 -TELEF. 47812-50129

Companhia de Carvões e Cimentos do Cabo Mondego

CAL HIDRÁULICA CABO MONDEGO

Fábrica totalmente remodelada

As mais modernas instalações de:

Cozedura	Com ar insuflado
Hidratação	Patente portuguesa projectada e construída em Portugal
Moagem	Automática
Expedição	Máxima rapidez na ensacagem e carregamento

A maior fábrica do País

A melhor Cal

A mais barata

Expedição contínua — Dia e noite

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. • RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º • TEL. 53 01 56 — LISBOA

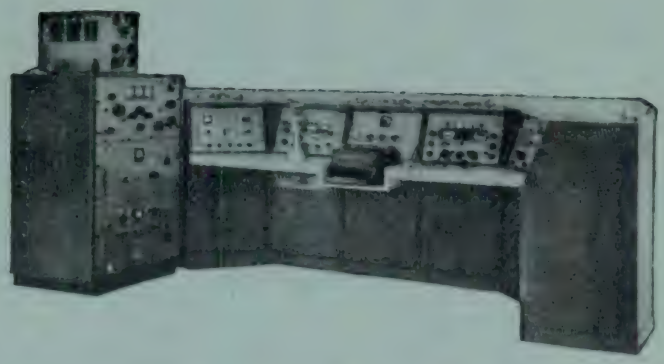
Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

TELEF. 53 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º - LISBOA

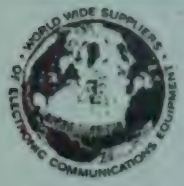
FÁBRICA EM SACAVÉM



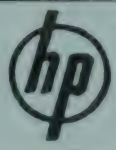
Comunicações

equipamentos
e sistemas completos

- Cuidadosamente projectados
- Amplamente experimentados
- Completamente integrados



THE TECHNICAL MATERIEL CORPORATION

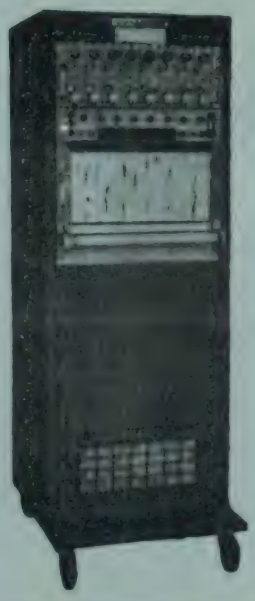
HEWLETT  **PACKARD**

aparelhagem electrónica de medida e registo

Osciloscópios, Oscilógrafos, Voltímetros electrónicos, Geradores de sinal, Contadores electrónicos, Registadores digitais, Fontes de alimentação

Registador digital Dymec

Registador Sanborn



Osciloscópio HP

Contador Electrónico HP

TELECTRA EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S.A.R.L.

Novo disjuntor «Oerlikon»
de pequeno volume de óleo
Campo de tensões: 60 a 500 kV
Corrente de corte: 40 e 60 kA

Tipo **F**

Duração curta do arco independente da corrente cortada

Corte sem reescorvamento

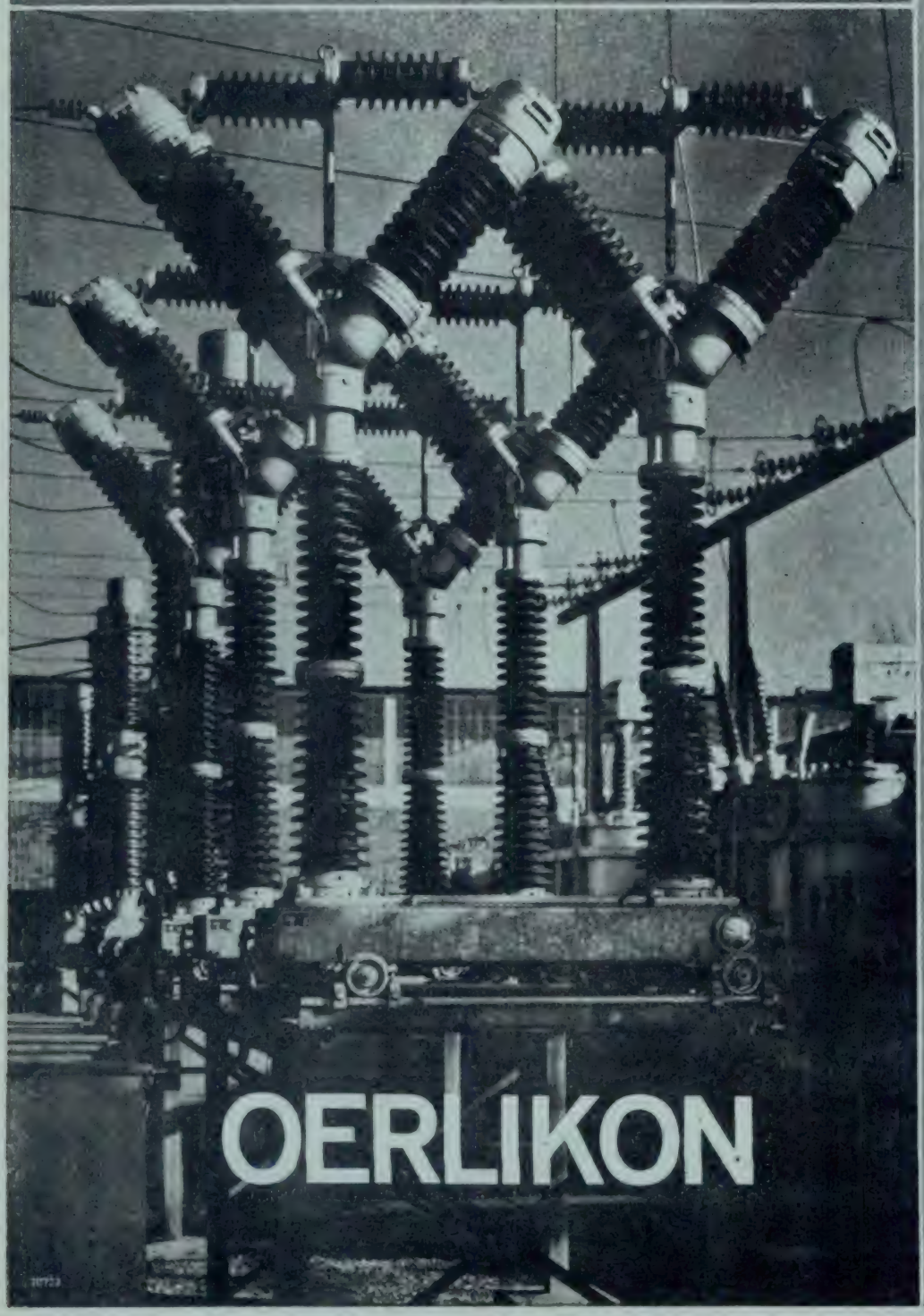
Insensível aos defeitos quilométrico e evolutivo

Corte múltiplo

Contacto móvel accionado hidráulicamente, sem varetas ou molas

Funcionamento silencioso, reacção dinâmica insignificante

Montagem simples, sem regulações



Ateliers de Construction Oerlikon

Zurich **Suíça**

Representantes para Portugal e Ultramar:
Sociedade
Mich. de Vasconcellos, Lda.
Porto e Lisboa.

tÉCNICA

NUMERO 369 * JUNHO DE 1967 * ANO XLII * VOL. XXIX * DIRECTOR: ASSIS FARINHA MARTINS

C. D. U. 621.313 : 512.831

L'ANALYSE MATRICIELLE DES MACHINES ELECTRIQUES

par MANUEL S. GARRIDO
Boursier de l'I. A. C., Lisbonne
Lab. Electrotechnique,
E. N. S. E. M., Nancy

RESUMO

A partir duma teoria dinâmica das maquinas eléctricas estabelecem-se as respectivas equações matriciais. As equações obtidas são aplicáveis às máquinas de comutação, qualquer que seja a distribuição de f. m. m. e fluxo.

SYNOPSIS

The general matrix equations of the electrical machines are obtained from their dynamic theory. The equations are applicable to commutator machines, with any m. m. f. and flux distributions.

1 — INTRODUCTION

L'étude du fonctionnement d'une machine électrique peut se faire, en première approximation en admettant que la machine n'est pas saturée.

On peut alors définir des coefficients d'induction. Les coefficients d'induction, les moments d'inertie, les résistances électriques et les coefficients de dissipation mécanique constituent en général, les paramètres dont on a besoin pour caractériser la machine. Les équations de mouvement peuvent, alors, être écrites en fonction de ces paramètres.

Il est commode d'écrire ces équations de fonctionnement sous forme matricielle.

Un premier avantage est que les équations prennent alors une forme compacte et suggestive.

Mais d'autres avantages plus importants ressortent lorsqu'on passe à l'intégration des équations de fonctionnement: l'analyse matricielle dispose de techniques, qui, dans, certains cas, facilitent beaucoup le travail d'intégration.

Les équations matricielles des machines sans commutation (machines synchrones et asynchrones, transformateurs) peuvent être établies sans difficulté [1] [2] et sont connues depuis longtemps.

Ce n'est plus le cas pour les machines à commutation.

KRON a pu obtenir, dans certains cas, les équations matricielles des machines à commutation en se limitant an premier terme variable du développement em série de Fourier des coefficients d'induction en fonction des coordonnées géomètriques [3]. Mais la méthode de KRON n'est pas

utilisable lorsque les coefficients d'induction sont des fonctions quelconques des coordonnées géomètriques.

Dans la méthode de Kron les équations des machines à commutation ne sont pas obtenues directement par application des lois de l'électrodynamique, mais indirectement par transformation des équations des machines synchrones. La difficulté dans l'obtention directe des équations matricielles des machines à commutation résulte du fait que la loi d'induction sous forme $e = -\frac{d\psi}{dt}$ n'est pas directement applicable à ces machines [4], [5], [6], [7]. Or cette loi est justement la base pour l'établissement des équations de mouvement en fonction des coefficients d'induction.

Dans une publication précédent [6] on a montré en détail comment appliquer la loi d'induction aux machines à commutation de façon à pouvoir déduire leurs équations de fonctionnement des fonctions d'énergie.

On peut ainsi obtenir les équations générales des machines électriques applicables à toutes les machines, y compris celles à commutation.

Une machine à commutation est caractérisée par le fait que les phénomènes se répètent périodiquement avec la période de commutation. Les caractéristiques usuelles de la machine correspondent à son comportement moyen sur l'intervalle de commutation.

Pour étudier directement ces caractéristiques il nous suffit de prendre um modèle équivalent à commutation continue, lequel représente ce qui se passe en valeur moyenne sur l'intervalle de commutation de la machine réelle [6], [7].

Soient T_E l'énergie magnétique de la machine et Θ_u la coordonnée de position d'une armature possédante seulement des enroulements à commutation. Le modèle équivalent nous montre que, si on néglige les variations de réluctance magnétique associées aux variations de Θ_u, on a

$$\frac{\partial T_E}{\partial \Theta_u} = O \tag{1}$$

Par contre, l'énergie magnétique sera fonction de la position des «balais» des circuits à commutation. Soit ρ_{au} la coordonnée de position de la «paire de balais» du circuit a laquelle est mesurée selon la coordonnée Θ_u relative à l'élément mécanique porteur du circuit a. On aura

$$\frac{\partial T_E}{\partial \rho_{au}} \neq O \tag{2}$$

Compte tenu de (1) et (2) les équations de mouvement peuvent être obtenues par application du principe de conservation de l'énergie ou alors par des méthodes variationnelles [6].

Ainsi, on obtient pour l'équation électrique d'un circuit a l'expression :

$$v_a = \frac{\partial F_E}{\partial i_a} + \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T'_E}{\partial i_a}\right) + \sum_u \frac{\dot{\eta}_{au}}{i_a} \frac{\partial T'_E}{\partial \rho_{au}} \tag{3}$$

où v_a est la tension appliquée au circuit, i_a le courant absorbé, $\dot{\eta}_{au} = \dot{\Theta}_u - \dot{\rho}_{au}$, F_E la fonction de dissipation électrique et T'_E la coénergie magnétique.

L'équation mécanique de mouvement selon une coordonnée Θ_u prend la forme :

$$\Gamma_u = \frac{\partial F_M}{\partial \dot{\Theta}_u} + \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_M}{\partial \dot{\Theta}_u}\right) - \frac{\partial (T'_E + T_M)}{\partial \Theta_u} - \sum_a \frac{\partial T'_E}{\partial \rho_{au}} \tag{4}$$

où Γ_u représente la force généralisée appliquée selon la coordonnés Θ_u, F_M la fonction de dissipation mécanique et T_M l'énergie cinétique mécanique.

Généralement dans les machines électriques chaque circuit électrique indépendant concerne un seul élément mécanique (stator ou rotor) caractérisé par une seule coordonnée de position (angle de rotation).

Les équations (3) se simplifient alors et prennent la forme:

$$v_a = \frac{\partial F_E}{\partial i_a} + \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T'_E}{\partial i_a}\right) + \frac{\dot{\eta}_a}{i_a}\frac{\partial T'_E}{\partial \rho_a} \tag{5}$$

en désignant par η_a et ρ_a les seules coordonnées η_{au} et ρ_{au} existantes.

Avec la nouvelle notation, les équations mécaniques s'écriront:

$$\Gamma_u = \frac{\partial F_M}{\partial \dot{\Theta}_u} + \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T_M}{\partial \Theta_u}\right) - \frac{\partial T'_E}{\partial \Theta_u} - \sum_{a=1}^{l}\frac{\partial T'_E}{\partial \rho_a} \tag{6}$$

si a = 1, 2 . . . . . l sont les circuits électriques portés par l'élément mécanique u entièrement caractérisé par la coordonnée Θ_u.

Les équations (5) et (6) sont applicables à tous les types de machine. Dans les machines asynchrones toutes les vitesses $\dot{\eta}_a$ sont nulles: les équations prennent alors la forme classique qu'on peut obtenir directement par la loi $e = -\frac{d\psi}{dt}$ après élimination des variables ρ_a en fonction des variables Θ_u.

Les équations (5) et (6) peuvent être utilisées pour établir les équations matricielles générales des machines électriques, comme on va le vérifier par la suite.

2 — EQUATIONS MATRICIELLES GENERALES DES MACHINES ELECTRIQUES.

En général, les machines électriques possèdent seulement deux éléments mécaniques. L'uu d'eux est en repos, habituellement dans le référenciel de l'observateur (stator) et l'autre en mouvement de rotation (rotor). Pour une question de généralité, on peut lever cette restriction au départ, et admettre que les deux éléments mécaniques tournent dans le référenciel de l'observateur.

On admettra, aussi, l'existence de saillance magnétique sur les deux côtés de l'entrefer, que les enroulements disposés sur ces côtés soient à commutation ou non.

L'existence d'enroulements à commutation de part et d'autre de l'entrefer est difficile à concevoir, avec les systèmes de commutation mécanique (collecteur), mais elle est réalisable avec les systèmes à commutation électronique modernes.

On va maintenant, établir les équations matricielles dans les cas qu'on vient de définir. Les équations ainsi obtenues couvrent largement les besoins habituels et on verra par la suite comment elles se simplifient dans les applications classiques.

2.1 — **Equations électriques.**

Désignons par p le nombre total de circuits électriques de la machine supposés indépendants. On aura alors p équations électriques du type de l'équation (5), qu'on écrira sous la forme

$$v_a = v'_a + v''_a + v'''_a \tag{7}$$

en utilisant les notations

$$v'_a = \frac{\partial F_E}{\partial i_a} \tag{8}$$

$$v''_a = \frac{d}{dt}\frac{\partial T'_E}{\partial i_a} \tag{9}$$

(10) $$v'''_a = \frac{\dot{\rho}_a}{i_a} \frac{\partial T'_E}{\partial \rho_a}$$

Ecrivons sous forme matricielle les p équations (8)

Soient R_a les résistances électriques, supposées indépendantes des courants électriques. La fonction de dissipation F_E aura l'expression

(11) $$F_E = \frac{1}{2} \sum_{a=1}^{p} R_a i_a^2$$

Les équations (8) s'écriront alors:

$$v'_1 = R_1 i_1$$
$$v'_2 = R_2 i_2$$
$$v'_p = R_p i_p$$

Si on désigne par $\mathcal{V}'$ la matrice colomne des tensions v'_a, par $\mathcal{I}$ la matrice colomne des courants i_a et par $\mathcal{R}$ la matrice diagonal des résistances R_a, les p équations (g) s'écriront sous forme matricielle comme

(13) $$\mathcal{V}' = \mathcal{R}\, \mathcal{I}$$

Pour écrire sous forme matricielle les p équations (9) considérons l'expression de la coénergie magnétique d'un système linéaire:

(14) $$T'_E = \frac{1}{2} \sum_{a,\, b=1}^{p} L_{ab}\, i_a\, i_b$$

où $L_{ab} = L_{ba}$ désigne les coefficients d'induction, fonctions des variables géomètriques du système.

Les équations (9) prendront la forme

$$v''_1 = \frac{d}{dt} (L_{11}\, i_1 + L_{12}\, i_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + L_{1p}\, i_p)$$

(15) $$v''_2 = \frac{d}{dt} (L_{21}\, i_1 + L_{22}\, i_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + L_{2p}\, i_p)$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$v''_p = \frac{d}{dt} (L_{p1}\, i_1 + L_{p2}\, i_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + L_{pp}\, i_p)$$

Si on introduit la matrice colomne $\mathcal{V}''$ des tensions v''_a et la matrice $\mathcal{L}$ des inductances, $L_{ab} = L_{ba}$, le système d'équations (15) s'écrira

(16) $$\mathcal{V}'' = \frac{d}{dt} (\mathcal{L}\, \mathcal{I})$$

On peut développer l'équation (16) et obtenir

(17) $$\mathcal{V}'' = \mathcal{L} \frac{d\mathcal{I}}{dt} + \sum_{u=1}^{2} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Theta_u} \mathcal{I}\, \dot{\Theta}_u + \sum_{a=1}^{p} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \rho_a} \mathcal{I}\, \dot{\rho}_a = \mathcal{L} \frac{d\mathcal{I}}{dt} + \sum_{u=1}^{2} \mathcal{P}_u\, \mathcal{I}\, \dot{\Theta}_u + \sum_{a=1}^{p} \mathcal{S}_a\, \mathcal{I}\, \dot{\rho}_a$$

On a désigné par $\mathcal{P}_u$ la matrice $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Theta_u}$ dont les éléments bc sont

(18) $$P_{bc,u} = P_{cb,u} = \frac{\partial^3 T'_E}{\partial \Theta_u\, \partial i_b\, \partial i_c}$$

$\mathcal{H}_a$ désigne la matrice $\dfrac{\partial \mathcal{L}}{\partial \rho_a}$ dont les éléments bc sont

(19) $$H_{bc,a} = H_{cb,a} = \frac{\partial^3 T'_E}{\partial \rho_a \, \partial i_b \, \partial i_c}$$

Enfin, les p équations (10) s'écrivent

$$v'''_1 = \left(\frac{1}{2} \frac{\partial L_{11}}{\partial \rho_1} i_1 + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1} i_2 + \ldots\ldots \ldots\ldots + \frac{\partial L_{1p}}{\partial \rho_1} i_p \right) \dot{n}_1$$

(20) $$v'''_2 = \left(\frac{\partial L_{21}}{\partial \rho_2} i_1 + \frac{1}{2} \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho_2} i_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{\partial L_{2p}}{\partial \rho_2} i_p \right) \dot{n}_2$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$v'''_p = \left(\frac{\partial L_{p1}}{\partial \rho_p} i_1 + \frac{\partial L_{p2}}{\partial \rho_p} i_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{1}{2} \frac{\partial L_{pp}}{\partial \rho_p} i_p \right) \dot{n}_p$$

Les équations (20) peuvent s'écrire sous la forme matricielle

(21) $$\mathcal{V}''' = \sum_{a=1}^{p} \mathcal{G}_a \, \mathcal{I} \, \dot{n}_a$$

On désigne par $\mathcal{G}_a$ une matrice asymètrique dont les éléments bc sont

(22) $$G_{bc,a} = \delta_a^b \frac{\partial}{\partial i_c} \left(\frac{1}{i_b} \frac{\partial T'_E}{\partial \rho_b} \right)$$

où δ_a^b représente le symbole de Kronecker

(23) $$\delta_a^b = 1 \qquad \text{si } b = a$$
$$\delta_a^b = 0 \qquad \text{si } b \neq a$$

L'expression (22) montre immédiatement que tous les éléments de la matrice $\mathcal{G}_a$ sont nuls à l'exception de ceux de la ligne a.

Si l'on introduit maintenant la matrice colomne $\mathcal{V}$ des tensions appliquées v_a,

(24) $$\mathcal{V} = \mathcal{V}' + \mathcal{V}'' + \mathcal{V}'''$$

les p équations électriques s'écriront sous forme matricielle.

(25) $$\mathcal{V} = \mathcal{R} \, \mathcal{I} + \mathcal{L} \frac{d\mathcal{I}}{dt} + \sum_{u=1}^{2} \mathcal{P}_u \, \mathcal{I} \, \dot{\Theta} + \sum_{a=1}^{p} \mathcal{H}_a \, \mathcal{I} \, \dot{\rho}_u + \sum_{a=1}^{p} \mathcal{G}_a \, \mathcal{I} \, \dot{n}_a$$

Les équations obtenues sont très génerales comme on l'a vu précédemment et se simplifient beaucoup dans les applications classiques.

Ainsi, dans l'analyse matricielle des machines électriques on admet ordinairement l'existence de saillance magnétique d'un seul côté de l'entrefer. En plus, ce côté est pris comme cellui du stator, en repos dans le référenciel de l'observateur. Dans ce cas la matrice $\mathcal{P}_u$ du rotor est nulle et la vitesse du stator est nulle aussi. L'équation (25) prend alors la forme

(25-a) $$\mathcal{V} = \mathcal{R} \, \mathcal{I} + \mathcal{L} \frac{d\mathcal{I}}{dt} + \sum_{a=1}^{p} \mathcal{H}_a \, \mathcal{I} \, \dot{\rho}_a + \sum_{a=1}^{p} \mathcal{G}_a \, \mathcal{I} \, \dot{n}_a$$

où la vitesse $\dot{\Theta}$ du rotor n'intervient plus explicitement.

En plus, les enroulements à commutation sont disposés du seul côté lisse de l'entrefer. Ainsi sointe $a = k \ldots\ldots\ldots p$ les circuits à commutation, disposés sur le rotor. L'équation (25-a) devient :

$$\mathcal{V} = \mathcal{R}\,\mathcal{I} + \mathcal{L}\,\frac{d\,\mathcal{I}}{d\,t} + \sum_{a=k}^{p} \mathcal{B}_a\,\mathcal{I}\,\dot{\rho}_a + \sum_{a=k}^{p} \mathcal{I}_a\,\mathcal{I}\,\dot{\eta}_a \tag{25-b}$$

Enfin, s'il y a plusieurs circuits à commutation les différentes paires de balais seront en général, fixées sur le même porte-balais et auront ainsi une vitesse commune qu'on désignera par $\dot{\rho}$. Soit $\dot{\eta} = \dot{\Theta} - \dot{\rho}$

L'équation (25-b) prend alors la forme :

$$\mathcal{V} = \mathcal{R}\,\mathcal{I} + \mathcal{L}\,\frac{d\,\mathcal{I}}{d\,t} + \mathcal{B}\,\mathcal{I}\,\dot{\rho} + \mathcal{G}\,\mathcal{I}\,\dot{\eta} \tag{25-c}$$

les matrices $\mathcal{B}$ et $\mathcal{G}$ du rotor étant définies par

$$\mathcal{B} = \sum_{a=k}^{p} \mathcal{B}_a \tag{19-a}$$

$$\mathcal{G} = \sum_{a=k}^{a} \mathcal{G}_a \tag{22-a}$$

La matrice $\mathcal{B}$ peut être obtenue directement à partir de la matrice $\mathcal{L}$ par :

$$\mathcal{B} = \frac{\partial\,\mathcal{L}}{\partial\,\rho} \tag{19-b}$$

ce qui résulte du fait que $\dfrac{\partial\,L_{bc}}{\partial\,\rho} = \sum_{a=k}^{p} \dfrac{\partial\,L_{bc}}{\partial\,\rho_a}$.

Par contre, le calcul de la matrice $\mathcal{G}$, implique toujours la séparation des variables ρ_a. Cette séparation de variables avait déjà été admise par E. Gudefin [8], en partant de considérations différentes, et on en trouve ici la complète justification.

La matrice $\mathcal{G}$ prend l'aspect suivant

$$\mathcal{G} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \dfrac{\partial L_{k1}}{\partial \rho_k} & & \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial L_{kk}}{\partial \rho_k} & & \dfrac{\partial L_{kp}}{\partial \rho_k} \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ \dfrac{\partial L_{p1}}{\partial \rho_p} & & & & \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial L_{pp}}{\partial \rho_p} \end{bmatrix}$$

On remarquera que lorsque $\dot{\rho} = 0$ l'équation (25-c) devient celle d'une machine à courant continu classique, avec plusieurs circuits dans le rotor.

Par contre, lorsque $\dot{\eta} = 0$, l'équation devient celle d'une machine synchrone à induit tournant. Dans ce cas, parce que le calcul de $\mathcal{B}$ ne nécessite pas la séparation des variables ρ_a, on peut utiliser

dans l'analyse la seule variable ρ soumise à la condition $d\rho = d\Theta$. Ceci nous permet de retomber sur l'analyse classique des machines synchrones, où seule intervient la coordonnée mécanique du rotor Θ [6].

2.2 Equations mécaniques.

Les équations mécaniques de la machine s'obtiennent par application des équations (6). La coénergie magnétique d'un système linéaire peut s'écrire sous forme matricielle comme

$$T'_E = \frac{1}{2}\, \mathcal{I}_t\, \mathcal{L}\, \mathcal{I} \tag{26}$$

en désignant par $\mathcal{I}_t$ la matrice transposée de la matrice de courant $\mathcal{I}$.

C'est cette expression qu'on va utiliser dans l'equation (6).

Si on considère tout de suite le cas où il y a un stator en repos dans ler éférenciel de l'observateur, on obtient une seule équation de mouvement mécanique, concernant le rotor:

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\, \mathcal{I}_t\, P\, \mathcal{I} - \frac{1}{2} \sum_{a=k}^{p} \mathcal{I}_t\, \mathcal{B}_a\, \mathcal{I} \tag{27-a}$$

où J désigne le moment d'inertie du rotor et α le coefficient de dissipation mécanique.

Le couple électrodynamique sur les circuits du rotor peut être calculé en fonction des matrices $\mathcal{G}_a$. L'équation (27-a) prendra alors la forme

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\, \mathcal{I}_t\, \mathcal{P}\, \mathcal{I} - \sum_{a=k}^{p} \mathcal{I}_t\, \mathcal{G}_a\, \mathcal{I} \tag{27-b}$$

qui est une deuxième expression de l'équation mécanique.

Le couple électromagnétique est indépendant des vitesses $\dot{\rho}_a$ et $\dot{\eta}_a$. Alors il est possible de faire intervenir dans les équations (27) les matrices $\mathcal{B}$ et $\mathcal{G}$ définies par (19-a) et (22-a). Les équations (27) prendront ainsi la forme

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\, \mathcal{I}_t\, \mathcal{P}\, \mathcal{I} - \frac{1}{2}\, \mathcal{I}_t\, \mathcal{B}\, \mathcal{I} \tag{28-a}$$

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\, \mathcal{I}_t\, \mathcal{P}\, \mathcal{I} - \mathcal{I}_t\, \mathcal{G}\, \mathcal{I} \tag{28-b}$$

Dans le cas où le rotor est lisse les équations (28) se simplifient encore, parce qu'alors on a $\mathcal{P} = 0$.

2.3 Exemples d'application

Exemple I

Considérons le cas simple d'un induit de machine à commutation classique, avec une seule paire de balais animée de la vitesse de rotation $\dot{\rho}$ par rapport au stator, non excité. Soite $\dot{\Theta}$ la vitesee du rotor.

Toutes les matrices se réduisent à un seul élément et les équations (25) et (28) s' écriront

$$v = Ri + L\frac{di}{dt} + i\,\frac{\partial L}{\partial \rho}\,\dot{\rho} + \frac{1}{2}\, i\,\frac{\partial L}{\partial \rho}\,\dot{\eta}$$

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\,\frac{\partial L}{\partial \rho}\, i^2$$

L'équation électrique met en èvidence une différence importante entre le comportement des circuits à commutation et celui des circuits sans commutation.

En fait, faisons $\dot{\eta} = O$. L'équation électrique correspond alors à une spire tournante et la f. e. m. motionelle prend la valeur $i \frac{\partial L}{\partial \rho} \dot{\Theta}$.

Faisons maintenant, $\dot{\rho} = O$. L'équation électrique devient celle d'un induit de machine à courant continu, non excitée, et la f. e. m. motionelle prend la valeur $\frac{1}{2} i \frac{\partial L}{\partial P} \dot{\Theta}$

L'origine de cette différence et son interprétation dynamique sont discutées dans la référence [6].

L'expression du couple est indépendante de la vitesse $\dot{\rho}$. En fait, le couple ne dépend que de la distribution des courants et est toujours calculé de la même façon que le circuit soit à commutation ou non [6].

Exemple II

Considérons maintenant le cas d'une machine à commutation classique avec un seul circuit induit dont les balais tournent avec la vitesse $\dot{\rho}$ par rapport au stator.

On affectera l'indice 1 aux grandeurs relatives à l'inducteur et l'indice 2 à celles relatives à l'induit. La vitesse du rotor sera désignée par $\dot{\Theta}$.

L'équation (25) s'écrit :

$$\begin{vmatrix} v_1 \\ v_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_1 + L_{11} \frac{d}{dt} & L_{12} \frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} \dot{\rho} \\ L_{21} \frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho} \dot{\rho} + \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho} \dot{\eta} & R_2 + L_{22} \frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho} \dot{\rho} + \frac{1}{2} \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho} \dot{\eta} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

L'équation mécanique prend la forme

$$\Gamma = J \ddot{\Theta} + \alpha \dot{\Theta} - \frac{1}{2} \begin{vmatrix} i_1 & i_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 & \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} \\ \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} & \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

ou encore

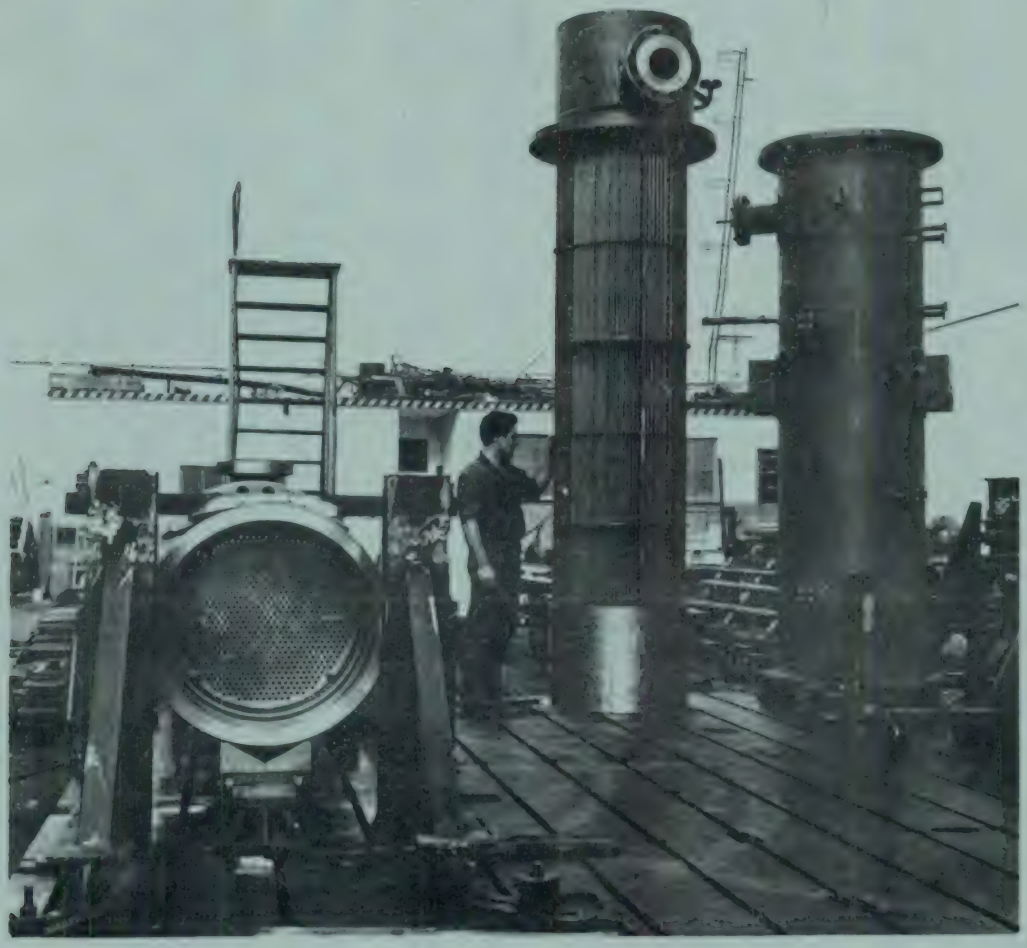
$$\Gamma = J \ddot{\Theta} + \alpha \dot{\Theta} - \begin{vmatrix} i_1 & i_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho} & \frac{1}{2} \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

selon qu'on utilise l'équation (28-a) ou l'equation (28-b).

Si on développe les équations matricielles ci-dessus on obtient

$$v_1 = R_1 i_1 + L_{11} \frac{d i_1}{dt} + L_{12} \frac{d i_2}{dt} + i_2 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} \dot{\rho}$$

MAGUE



ELEMENTOS DE UM PRÉ-AQUECEDOR DE ALTA PRESSÃO (MANTO E CÂMARAS DE ÁGUA COM FEIXE TUBULAR) PARA A CENTRAL TÉRMICA DA TAPADA DO OUTEIRO - 3ª FASE.
(licença BROWN BOVERI)

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L.

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

aglomerado negro de cortiça

leve, resistente e isolante
ideal para elementos pré-fabricados

ISOLA

SOC. COM. DE ISOLAMENTOS

DE CORTIÇA, Lda

Avenida António Augusto de Aguiar, 17

Telef. 537191/2/3/4

LISBOA — PORTUGAL

ao serviço da energia

BATERIAS
ESTACIONÁRIAS

TUDOR

850 esc.

CARACTERÍSTICAS: Tubo de aço, articulado em qualquer posição, várias inclinações, fàcilmente transportável, não ocupa espaço quando fechado, prancheta de 1,20 × 0,80 de madeira, em tola. Pintura de estufa.

Em exposição, outros modelos de madeira e metálicos e todo o material para desenho

J. J. SILVA & IRMÃO, LDA.

rua silva carvalho 232-b · lisboa · telefone **652750 / 680671**

$$v_2 = R_2\, i_2 + L_{22}\frac{d\, i_2}{d\, t} + L_{21}\frac{d\, i_1}{d\, t} + i_1\frac{\partial L_{21}}{\partial \rho}\dot{\rho} + i_1\frac{\partial L_{21}}{\partial \rho}\dot{n} + i_2\frac{\partial L_{22}}{\partial \rho}\dot{\rho} + \frac{1}{2}\, i_2\frac{\partial L_{22}}{\partial \rho}\dot{n}$$

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\frac{\partial L_{22}}{\partial \rho}\, i_2^2 - \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho}\, i_1\, i_2$$

L'assymétrie des équations électriques est due à l'existence d'un circuit à commutation. En fait, la f. e. m. motionelle $i_1 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho}\dot{n}$ associée à la vitesse de glissement dans l'induit, ne trouve pas de symétrique dans le circuit inducteur. Par contre, les f. e. ms. associées à la vitesse des balais sont symétriques : à la f. e. m. $i_1 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho}\dot{p}$ sur l'induit correspond une f.e.m. de valeur $i_2 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho}\dot{\rho}$ sur l'inducteur.

Les équations obtenues sont celles d'une machine à courant continu classique lorsque $\dot{\rho} = O$, $\dot{n} = \dot{\Theta}$. Elles deviendront les équations d'une machine synchrone monophasée lorsque $\dot{n} = O$, $\dot{p} = \dot{\Theta}$.

Exemple III

On va considérer maintenant le cas d'une machine à commutation non excitée, avec deux circuits induits.

Soient $\dot{\rho}_1$ et $\dot{\rho}_2$ les vitesses des deux paires de balais.

L'équation électrique (25) s'écrit

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + L_{11}\frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{11}}{\partial \rho_1}\dot{\rho}_1 + \frac{1}{2}\frac{\partial L_{11}}{\partial \rho_1}\dot{n}_1 & L_{12}\frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1}\dot{\rho}_1 + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_2}\dot{\rho}_2 + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1}\dot{n}_1 \\ L_{21}\frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho_2}\dot{\rho}_2 + \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho_1}\dot{\rho}_1 + \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho_2}\dot{n}_2 & R_2 + L_{22}\frac{d}{dt} + \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho_2}\dot{\rho}_2 + \frac{1}{2}\frac{\partial L_{22}}{\partial \rho_2}\dot{n}_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

Les équations (28-a) et (28-b) s'écrivent, respectivement

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \frac{1}{2}\begin{bmatrix} i_1 & i_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{\partial L_{11}}{\partial \rho_1} & \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1} + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_2} \\ \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1} + \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_2} & \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

et

$$\Gamma = J\,\ddot{\Theta} + \alpha\,\dot{\Theta} - \begin{bmatrix} i_1 & i_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{2}\frac{\partial L_{11}}{\partial \rho_1} & \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1} \\ \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_2} & \frac{1}{2}\frac{\partial L_{22}}{\partial \rho_2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

On va développer les équations matricielles en admettant que les deux paires de balais sont montées sur un seul porte balais, dont la coordonnée de position est représentée par ρ. On obtient :

$$v_1 = R_1 i_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt} + \left(i_1 \frac{\partial L_{11}}{\partial \rho} + i_2 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} \right) \dot{\rho} + \left(\frac{1}{2} i_1 \frac{\partial L_{11}}{\partial \rho_1} + i_2 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho_1} \right) \dot{\eta}$$

$$v_2 = R_2 i_2 + L_{22} \frac{di_2}{dt} + L_{21} \frac{di_1}{dt} + \left(i_2 \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho} + i_1 \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} \right) \dot{\rho} + \left(\frac{1}{2} i_2 \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho_2} + i_1 \frac{\partial L_{21}}{\partial \rho_2} \right) \dot{\eta}$$

$$\Gamma = J \ddot{\Theta} + \alpha \dot{\Theta} - \frac{1}{2} \frac{\partial L_{11}}{\partial \rho} i_1^2 - \frac{\partial L_{12}}{\partial \rho} i_1 i_2 - \frac{1}{2} \frac{\partial L_{22}}{\partial \rho} i_2^2$$

Si les circuits électriques ne sont pas galvaniquement indépendants, comme il arrive dans le cas d'une amplidyne, alors il est possible de définir une résistance mutuelle $R_{12} = R_{21}$ et d'introduire les chutes de tension correspondantes dans des équations de fonctionnement.

3 — LES MACHINES A DISTRIBUTION SINUSOIDALE DE F. M. M. ET FLUX

Les équations de fonctionnement des machines électriques sont des équations paramètriques non-linéaires et elles ne pourront être intégrées d'une façon générale que par l'utilisation de calculatrices. Une telle résolution est courante dans l'étude de problèmes pratiques où l'objectif essentiel est l'obtention des résultats numériques.

Pourtant, si on veut prévoir le comportement des machines, il faut pouvoir intégrer les équations de façon à obtenir des relations algébriques simples entre les variables.

On est alors amené à introduire des hypothèses simplificatrices, dont la nature dépend du type de machine et des problèmes à l'étude. Les résultats approchés ainsi obtenus donnent une aproximation généralement suffisante sur le comportement de la machine et pourront être utilisés dans beaucoup d'applications.

Une des simplifications les plus fréquemment introduites consiste à admettre que les f. m. ms. et les flux ont une distribution sinusoidale. Le calcul matriciel fournit alors un certain nombre de techniques qui peuvent conduire à l'intégration des équations du mouvement.

Ces techniques matricielles utilisent fréquemment une phase intermédiaire qui consiste dans la réduction des équations de la machine à étudier, par des transformations appropriées, à celles d'une machine avec deux phases dans le stator et deux dans le rotor.

Ce fait confere à la machine 2 x 2, avec distribution sinusoidale de f. m. m. et flux, un rôle très important dans l'analyse matricielle des machines électriques.

Ainsi, on va établir les équations de cette machine d'après la méthode qu'on vient de présenter.

Considérons une machine bipolaire symétrique, non saturée à commutation rotorique, avec deux phases dans le stator et deux dans le rotor. Soient ρ_3, ρ_4 les coordonées de position des deux paires de balais et Θ celle du rotor.

Le rotor sera lisse, et le stator à pôles saillants. On pourra par exemple tenir compte de cette saillance en admettant avec White et Woodson [2] que l'entrefer est uniforme mais possède une perméabilité magnètique radiale :

(29) $$\mu_{rad} = \mu - \mu_2 \cos 2 \Theta_s$$

Θ_s représentant l'angle mesuré sur le stator. Les phases du stator seront en quadrature, sur les axes de symétrie de la machine.

L'entrefer sera assez petit pour qu'on puisse utiliser la notion de f.m.m. d'entrefer.

Désignons par 1 et 2 les phases du stator et par 3 et 4 celles du rotor.

Si on réduit la distribution de champ magnétique d'entrefer, associée à chaque phase, à sa composante fondamentale, on peut écrire en coordonnées cylindriques [2].

$$\overline{H}_1 = -\overline{a}_r \frac{a}{g} i_1 Z_1 \sin \Theta_s$$

$$\overline{H}_2 = -\overline{a}_r \frac{a}{g} i_2 Z_2 \sin \left(\Theta_s - \frac{\pi}{2}\right)$$

(30) $$\overline{H}_3 = -\overline{a}_r \frac{a}{g} i_3 Z_3 \sin (\Theta_s - \rho_3)$$

$$\overline{H}_4 = -\overline{a}_r \frac{a}{g} i_4 Z_4 \sin (\Theta_s - \rho_4)$$

où l'on désigne par:

Zi — l'amplitude de la fondamentale de la densité superficielle de f. m. m.
a — le rayon du rotor
g — l'épaisseur de l'entrefer

Si on représente par $d\varepsilon$ un élément de lougueur d'entrefer, par dl un élément de longueur xial de l'induit et par l la longueur axial corrigée de l'induit, on a

(31) $$T'_E = \int_0^l \int_0^g \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} (\overline{B}. \overline{H}) a \, dl \, d\varepsilon \, d\Theta_s$$

où

(32) $$\overline{H} = \overline{H}_1 + \overline{H}_2 + \overline{H}_3 + \overline{H}_4$$

(33) $$\overline{B} = \mu_{rad} \overline{H}$$

Soient $Z_1 = Z_2 = Z_s$ et $Z_3 = Z_4 = Z_r$, et définissons les coefficients d'induction

$$L_{ds} = (Z_s)^2 \, l \, \pi \frac{a^3}{g} \left(\mu + \frac{\mu_2}{2}\right)$$

$$L_{qs} = (Z_s)^2 \, l \, \pi \frac{a^3}{g} \left(\mu - \frac{\mu_2}{2}\right)$$

$$L_{dr} = (Z_r)^2 \, l \, \pi \frac{a^3}{g} \left(\mu + \frac{\mu_2}{2}\right)$$

(34) $$L_{qr} = (Z_r)^2 \, l \, \pi \frac{a^3}{g} \left(\mu - \frac{\mu_2}{2}\right)$$

$$M_d = (Z_r Z_s) \, l \, \pi \frac{a^3}{g} \left(\mu + \frac{\mu_2}{2}\right)$$

$$M_q = (Z_r Z_s) \, l \, \pi \frac{a^3}{g} \left(\mu - \frac{\mu_2}{2}\right)$$

Si on intégre (31) en tenant compte de (32), (33) et (34) on obtient

$$(35)\qquad T'_E = \frac{1}{2} L_{ds}\, i_1^2 + \frac{1}{2} L_{qs}\, i_2^2 + \frac{1}{2} i_3^2 (L_{dr} \cos^2 \rho_3 + L_{qr} \sin^2 \rho_3) + \frac{1}{2} i_4^2 (L_{dr} \cos^2 \rho_4 + (L_{qr} \sin^2 \rho_4) + i_1 i_3 M_d \cos \rho_3 + i_1 i_4 M_d \cos \rho_4 + i_3 i_2 M_q \sin \rho_3 + i_4 i_2 M_q \sin \rho_4 + i_3 i_4 (L_{dr} \cos \rho_3 \cos \rho_4 + L_{qr} \sin \rho_3 \sin \rho_4)$$

La matrice d'inductance de la machine sera alors

(36)

$$\mathcal{L} = \begin{vmatrix} L_{ds} & 0 & M_d \cos \rho_3 & M_d \cos \rho_4 \\ 0 & L_{qs} & M_q \sin \rho_3 & M_q \sin \rho_4 \\ M_d \cos \rho_3 & M_q \sin \rho_3 & L_{dr} \cos^2 \rho_3 + L_{qr} \sin^2 \rho_3 & L_{dr} \cos \rho_3 \cos \rho_4 + L_{qr} \sin \rho_3 \sin \rho_4 \\ M_d \cos \rho_4 & M_q \sin \rho_4 & L_{dr} \cos \rho_3 \cos \rho_4 + L_{qr} \sin \rho_3 \sin \rho_4 & L_{dr} \cos^2 \rho_4 + L_{qr} \sin^2 \rho_4 \end{vmatrix}$$

Les matrices $\mathcal{B}$ et $\mathcal{G}$ peuvent être calculées à partir de l'expression (35) de la coénergie magnétique par les formules (19), (19-a) et (22), (22-a). On obtiendra :

(37)

$$\mathcal{B} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & -M_d \sin \rho_3 & -M_d \sin \rho_4 \\ 0 & 0 & M_q \cos \rho_3 & M_q \cos \rho_4 \\ -M_d \sin \rho_3 & M_q \cos \rho_3 & (L_{qr} - L_{dr}) \sin 2 \rho_3 & (L_{qr} - L_{dr}) \sin (\rho_3 + \rho_4) \\ -M_d \sin \rho_4 & M_q \cos \rho_4 & (L_{qr} - L_{dr}) \sin (\rho_3 + \rho_4) & (L_{qr} - L_{dr}) \sin 2 \rho_4 \end{vmatrix}$$

(38)

$$\mathcal{G} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -M_d \sin \rho_3 & M_q \cos \rho_3 & \frac{L_{qr} - L_{dr}}{2} \sin 2 \rho_3 & -L_{dr} \sin \rho_3 \cos \rho_4 + L_{qr} \cos \rho_3 \sin \rho_4 \\ -M_d \sin \rho_4 & M_q \cos \rho_4 & -L_{dr} \cos \rho_3 \sin \rho_4 + L_{qr} \sin \rho_3 \cos \rho_4 & \frac{L_{qr} - L_{dr}}{2} \sin 2 \rho^4 \end{vmatrix}$$

Si les balais sont entraînés par un seul porte balais de vitesse $\dot{\rho}$ l'équation (25-c) est applicable et on peut utiliser les matrices $\mathcal{B}$ et $\mathcal{G}$ calculées.

O novo Nível automático de engenheiro

WILD NAK 2

com círculo horizontal

WILD
HEERBRUGG

Para nivelamentos de média e grande precisão; com micrómetro de lâmina de faces plano-paralelas para nivelamentos de grande precisão.

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo: ± 1,5 mm

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo com micrómetro: ± 0,4 mm

Luneta de 30 × de aumento com imagem direita de observação

Solicitem catálogo ou demonstração aos representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA - 2 — TELEFONE 68 11 27

ESTAMPARIAS TINTURARIAS LAVANDARIAS

PARA OS VOSSOS TECIDOS TÉCNICOS:
TRANSPORTADORES, MANCHONS, LAPPING, WOLFRIES,
FLANELAS, CANEVAS, ETC.,

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

CONSULTEM:

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEFS.: 52093-52094
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
R.S.Pedro de Alcântara, 1
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C.P.2178 - Tel.4226

MOÇAMBIQUE
L.Marques - C.P.982 - Tel.74 11 21
Beira - C.P. 1002 - Tel. 7 14 97

Si en plus, les deux phases du rotor sont en quadrature

$$\rho = \rho_3 = \rho_4 - \frac{\pi}{2} \tag{39}$$

les matrizes $\mathcal{L}$, $\mathcal{B}$, et $\mathcal{G}$ prennent la forme classique, en fonction de la seule coordonnée ρ.

On retrouve alors les résultats de Kron justement établis pour les cas où les coefficients d'induction varient sinusoïdalement et les balais du rotor sont animés d'une même vitesse de rotation.

La transformation de Park permet maintenant de passer des équations (25-c) et (28) à un système d'équations non linéaires, mais à coefficients constants.

Les équations ainsi obtenues correspondent au cas où on fixe les balais de la machine 2×2 considérée, dans les positions $\rho_3 = 0$, $\rho_4 = \frac{\pi}{2}$. C'est-à-dire, on obtient, après transformation, les équations d'une machine à balais fixes.

Il est important de remarquer que le passage des équations d'une machine à balais tournants à celles d'une machine à balais fixes, par simple projection, résulte uniquement des propriétés des fonctions circulaires.

4 — CONCLUSION

L'analyse matricielle classique des machines électriques était limitée par l'impossibilité d'obtenir directement les équations des machines à commutation ; les équations de celles-ci étaient. déduites des équations des machines synchrones par la transformation de Park.

Cette méthode n'était applicable qu'à un type bien défini de machines à commutation : celles dans lesquelles on supposait um distribution sinusoidale des f.m.m. et du flux, ce qui est incorrect dans une machine à commutation.

D'autre part, la méthode conférait à une simple technique d'intégration des équations applicable seulement pour des formes particulières des paramètres, un rôle théorique injustifié.

Ainsi, la machine à distribution sinusoidale de f.m.m. et flux, au lieu d'être traitée comme une simple approximation destinée à rendre les équations de fonctionnement plus facilement intégrables, jouait un rôle fondamental dans l'analyse matricielle des machines électriques.

En déduisant les équations matricielles des machines à commutation directement d'une théorie générale des machines électriques, les inconvénients antérieurs disparaissent complètement. Il est maintenant possible si l'on connaît les variations des paramètres d'une machine à commutation en fonction de ρ et Θ, de déterminer son fonctionnement sans même utiliser l'analyse harmonique.

Je remercie Monsieur le Professeur E. Gudefin, Directeur du Laboratoire d'Electrotechnique de l'E.N.S.E.M. à Nancy, pour toutes ses suggestions et critiques qui ont beaucoup aidé à la mise au point de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

[1]. Hancock, N. N. — «Matrix analysis of electrical machinery», ed. Pergamon Press, 1964.

[2]. White, D. C. et Woodson, H. H. — «Electromechanical energy conversion», ed. John Wiley, 1959.

[3]. Lynn, J. W. — «Tensors in electrical engineering», Ed. Arnold, 1963.

[4]. Garrido M. S. et Gudefin, E. — «Les équations des machines électriques à commutation, à balais fixes», C. R. Acad. Sciences (Paris), t. 264, série B, 1967, pg. 1303.

[5]. Garrido, M. S. et Gudefin, E. — «Les équations générales des machines éléctriques», C. R. Acad. Sciences (Paris), t. 264, série B, 1967, pg. 1393.

[6]. Garrido, M. S. — «La théorie dynamique des machines éléctriques», revue «Técnica» (Lisbonne), n.º 367, Avril, 1967.

[7]. Garrido, M. S — «Les liaisons internes des machines éléctriques à commutation», revue «Técnica» (Lisbonne), n.º 368, Mai, 1967.

[8]. Gudefin, E. — «Contribution à l'étude de la magnétostatique plane au moyen de la cuve rhéographique», thèse, Nancy, 1958.

NOTICIÁRIO

Homenagem a Ferreira Dias

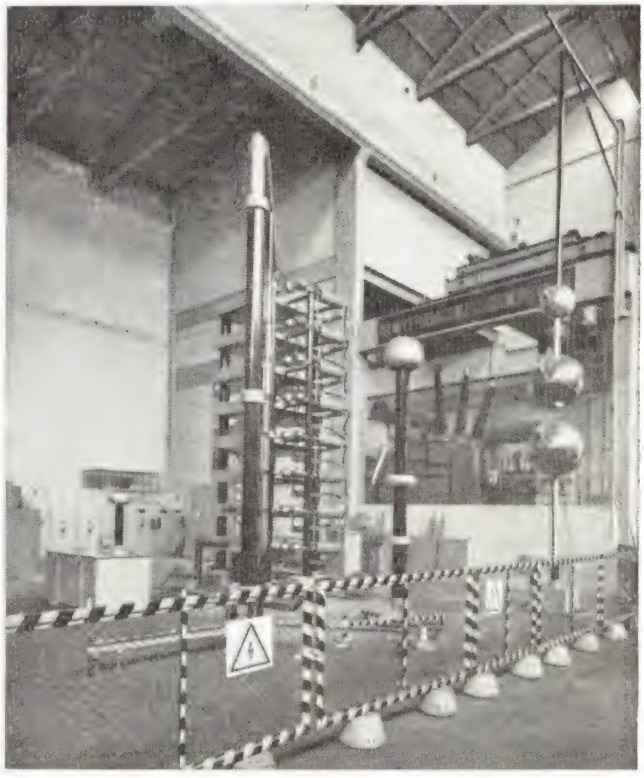
Homenageando o que foi ilustre professor do Instituto Superior Técnico, deu a «EFACEC» ao seu Laboratório de Ensaios de Alta Tensão o nome do Prof. Ferreira Dias.

A vida, a obra e as ideias do Engenheiro, do Professor e do Ministro foram exaltadas em vários tons pelos oradores presentes na sessão de Homenagem.

Problemas importantes da vida nacional foram focados. Destaquem-se, por exemplo, o da reorganização industrial portuguesa, sobre o qual se debruçou atentamente o Prof. Ferreira Dias; o da criação de um Laboratório Nacional de Electricidade que o Eng.º Virgílio de Sousa, Presidente do concelho de Administração da entidade promotora da Homenagem considerou «urgente e inadiável»; o do papel da banca privada no desenvolvimento industrial. O Eng.º Virgílio de Sousa focou nos seguintes termos o problema do ensino de engenharia: «(...) Concebido para responder às características duma sociedade pré-industrializada nessa posição se tem mantido [o nosso ensino técnico superior] desde a data em que foi feita a última reorganização do ensino de Engenharia. (...) Eu creio poder afirmar que o nosso ensino técnico superior não está à altura de fornecer os quadros necessários, nem em número, nem em qualidade, para abastecer a indústria e muito menos para formar equipas de investigadores. (...) Sem uma Universidade actualizada, dinâmica e consciente não há progresso possível e os Governos terão cada vez mais dificuldades para governar por falta de colaboradores válidos suficientemente preparados. (...) No estado em que o nosso ensino se encontra, eu creio firmemente que esta fábrica e o Laboratório Ferreira Dias muito podem ajudar os professores de especialidade (...).»

O Eng.º Costa Reis, Director-Geral da «EFACEC», deu a conhecer o equipamento de que está dotado o Laboratório, salientando-se: um gerador de choque até 1600 kV; um transformador de ensaios de rigidez, de 300 kVA, 300 kV; um alternador trifásico de 18 MVA; um alternador de 200 Hz e 1000 kVA; uma instalação de verificação do limiar de ionização e medida de descargas parciais e uma ponte de Shering para tensões até 500 kV.

A esta sessão, realizada em 26 de Junho de 1967, presidiu o Ministro das Obras Públicas, Eng.º José Machado Vaz, estando presentes, entre outros, o Secretário de Estado da Indústria, Eng.º Amaro da Costa, e a viúva do homenageado, D. Elisa Ferreira Dias.

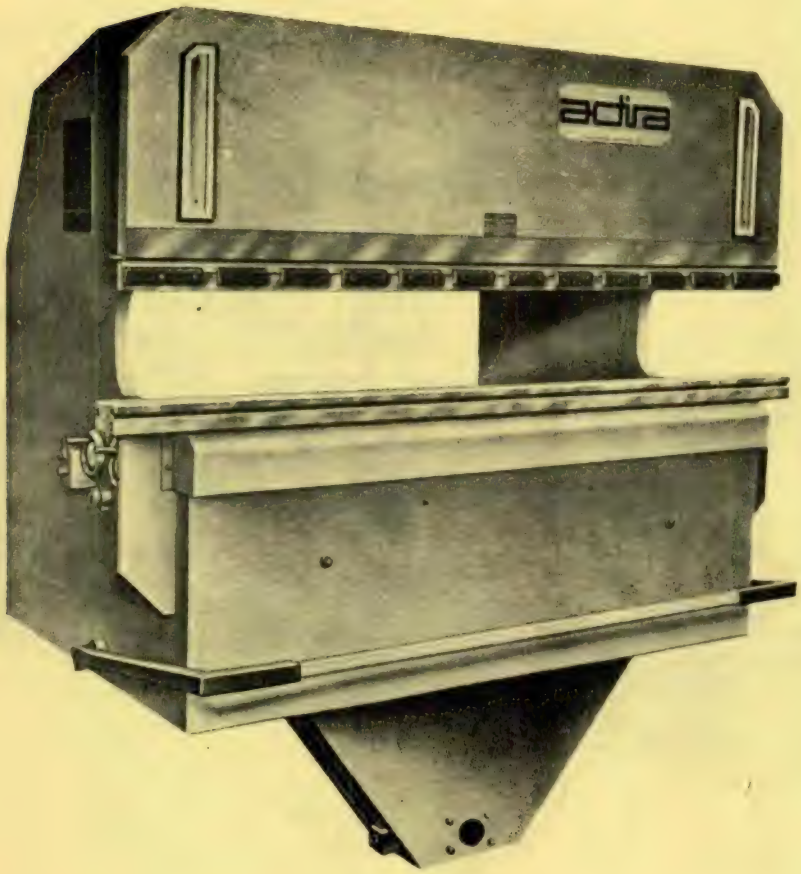


ADIRA

PORTO
PORTUGAL

QUINADEIRA

PARTICIPANTE DA 10.ª EXPOSIÇÃO EUROPEIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS
HANNOVER — 17 A 26 DE SETEMBRO DE 1967



REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL

UNIVERSAL

AÇOS, MÁQUINAS E FERRAMENTAS, S.A.R.L.

PORTO
RUA DO CAMPO ALEGRE, 718/746
TELEF. 65151

COIMBRA
RUA SIMÕES DE CASTRO, 159-1.º-D
TELEF. 22735

LISBOA
AVENIDA DA REPÚBLICA, 34 A-34 B
TELEF. 750081

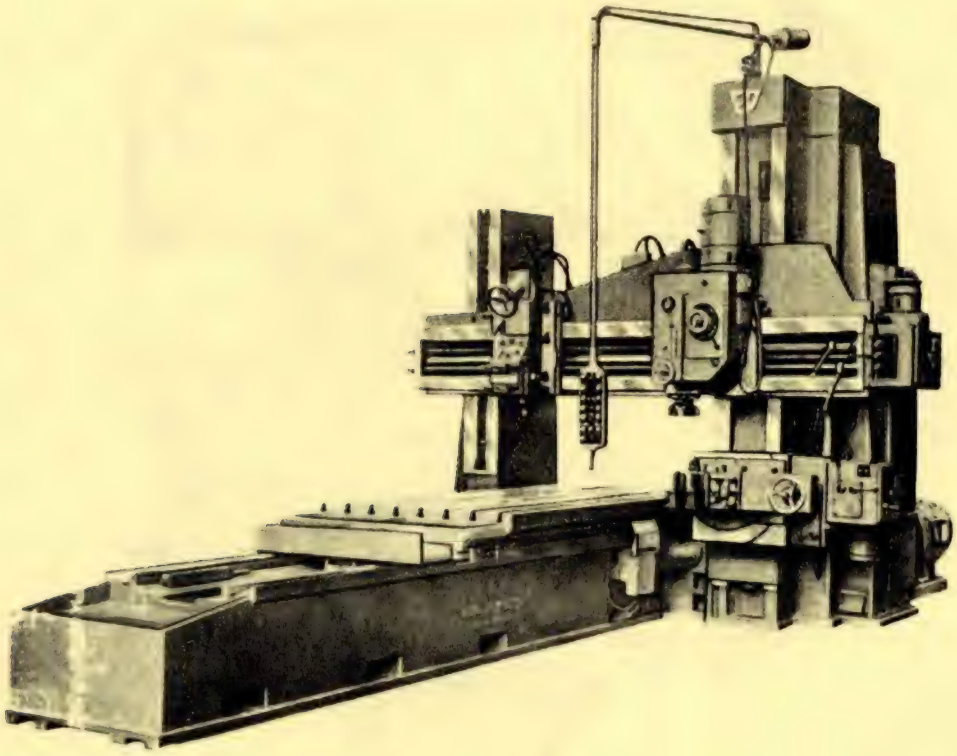
BUSTO ARSIZIO

EZIO PENSOTTI

ITÁLIA

PLAINAS

PARTICIPANTE DA 10.ª EXPOSIÇÃO EUROPEIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS
HANNOVER—17 A 26 DE SETEMBRO DE 1967



REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL

UNIVERSAL

AÇOS, MÁQUINAS E FERRAMENTAS, S.A.R.L.

PORTO
RUA DO CAMPO ALEGRE, 718/746
TELEF. 65151

COIMBRA
RUA SIMÕES DE CASTRO, 159-1.º-D
TELEF. 22735

LISBOA
AVENIDA DA REPÚBLICA, 34 A-34 B
TELEF. 750081

C. D. U. 728.003

ASPECTOS ACTUAIS DA HABITAÇÃO ECONÓMICA (*)

por L. F. RANITO CATALÃO
Engenheiro Civil
Chefe do Serviço de Investigação
do Gab. Téc. da Habitação da C.M.L.

RESUMO

São inicialmente apresentadas, em termos globais, as necessidades de habitação de Lisboa e as respectivas possibilidades de satisfação. Passa-se seguidamente à definição da categoria *e do* tipo *das habitações, e à sua comparação com as necessidades e as possibilidades das diferentes classes sócio-económicas.*

Divulgam-se alguns aspectos relativos à análise de custos e a estatística da construção *levadas a cabo pelo G. T. H., com vista à determinação das soluções mais económicas.*

Referem-se por fim alguns resultados da acção do G. T. H. no campo da normalização e coordenação modelar das habitações.

SYNOPSIS

The global housing demand and its possible supply in Lisbon are initially presented. Category *and* type *of lodging are then defined, and compared with the needs and possibilities of the different social and economical classes.*

Some aspects related to cost analysis *and* building statistics *carried out by the G. T. H. (Municipal Technical Committee on Housing) with a view to the determination of economy solutions are divulged.*

Finally, some results in the field of standardization *and* modular coordination *of lodging are refered.*

O desenvolvimento deste tema é extremamente vasto e foi propositadamente escolhido, para dar uma ideia da extensão do problema da habitação em detrimento dos aspectos particulares, que estudados em profundidade, constituiriam, só por si, um curso de muitas horas.

Assim, a minha exposição abrangerá, genèricamente, algumas das principais variáveis do complexo *problema da habitação.*

Tal *problema* será resolvido pela integração duma função a 4 dimensões, das quais, uma delas, poderíamos chamar, a «dimensão social».

Partindo do *zero,* até atingir a *habitação ideal,* poderíamos simbòlicamente representar:

$$\iiiint_{o}^{hi} H\,dxdydzds = \iiiint_{o}^{hs} h\,dxdydzds + \iiiint_{hs}^{hi} h\,dxdydzds$$

isto é, a problemática da habitação, poderá desdobrar-se em 2 parcelas, em que a primeira envolve a resolução do problema em ordem à *habitação social,* e a outra em ordem à *habitação ideal,* só comportável pelas classes mais evoluídas, que a procuram no mercado livre, com mais possibilidades de escolha da localização e condições de conforto.

A questão está em que a oferta tem sido inferior à procura, no âmbito da habitação social, invertendo-se a posição em relação à 2.ª parcela, com a agravante de grande número de famílias de menores recursos se ver obrigada a recorrer a ela para procurar um tecto onde se abrigue.

INTRODUÇÃO

Esta constatação tem orientado o Governo da Nação a debruçar-se sobre o problema, verificando-se pela análise da legislação que se vem processando desde 1918 até hoje, uma evolução por aproximações sucessivas no sentido de o resolver, com a preocupação evidente, em todas as fases, de ajustar a viabilidade e garantia dos investimentos ao factor económico.

Todavia, os programas de construção levados ao cabo por numerosos departamentos, não têm

(*) Conferência proferida em 11 de Março de 1967, integrada no IV Semana de Engenharia Civil.

sido sujeitos a uma coordenação com vista ao interesse nacional, por ausência de planos habitacionais coerentes, a nível local, regional e nacional, interdependentes.

1.ª PARTE

Necessidades Globais

Com as reservas resultantes da escassez de elementos estatísticos de base, dos últimos recenseamentos da população, e dos próprios critérios de avaliação, poderemos dizer, segundo os últimos estudos realizados, que as necessidades globais de habitação *na Métropole*, em ordem ao *deficit carencial*, referido ao de 1960 e ao *deficit de reposição em 20 anos* (por evolução demográfica, migração e renovação urbana), se traduzem por um número da ordem de grandeza das 65 000 habitações/ano.

Em Lisboa, essas necessidades, no mesmo período de 20 anos, são da ordem das 5000 habitações/ano, como se deduz do Quadro I.

QUADRO I

Necessidades habitacionais em 20 anos		
Deficit carencial	Habitações inaceitáveis . . .	13.000
	Por não corresponderem às normas mínimas de conforto e segurança	16.000
	Sublocação	35.000
	Total parcial	64.000
Deficit de reposição	Crescimento demográfico . .	30.835
	Migrações internas	2.465
	Renovação urbana	27.000
	Total parcial	36.000
	Total geral	100.000

Estas necessidades, traduzidas em ordem às diversas classes sócio-económicas, podem esquematizar-se, em 1.ª apróximação, segundo o Quadro II.

Número de habitações construídas em Lisboa nos últimos anos

Conhecida a ordem de grandeza das necessidades, vejamos agora qual o ritmo da construção de habitações nos últimos anos.

QUADRO II

Número e % de habitações por categorias			
Renda módica			13.000 (13,0 %)
Renda Económica	I	30.500 (30,5 %)	76.200 (76,2 %)
	II	22.900 (22,9 %)	
	III	15.200 (15,2 %)	
	IV	7.600 (7,6 %)	
Renda livre			10.800 (10,8 %)
Total geral			100.000

Segundo os Anais do Munícipio de Lisboa, o número médio de habitações construídas desde 1961, tem sido da ordem das 4000 anuais. Daqui resulta segundo as necessidades atrás referidas, em relação ao Recenseamento de 1960, que tais necessidades estão sendo agravadas à razão de 1000 habitações/ano, pelo que se torna necessário incrementar de 25 %, o actual ritmo de construções.

Embora a situação em ordem à habitação social tenha melhorado nos últimos anos, ela ainda está longe de cobrir as necessidades do sector, porquanto a iniciativa privada se tem dedicado quase exclusivamente à construção de habitações de luxo ou de renda elevada, constatando-se, segundo o Quadro III, que a sua intervenção continua a ser muito superior à oficial ou oficiosa, a despeito de todo o esforço do Governo na construção de habitações de carácter social.

Investimentos

Neste mesmo Quadro III, indicam-se, em ordem de grandeza, os investimentos verificados em Lisboa no sector da habitação, compreendendo

QUADRO III

Anos	Formas de Intervenção	Habitações Construídas		Investimentos		Custo Unitário
		Número	%	mil escudos	%	mil escudos por habitação
1961	Oficial ou Oficiosa . .	571	20 %	2.230	0,3 %	39
	Privada	2.337	80 %	700.000	99,7 %	300
	Totais	2.908	100 %	702.230	100 %	—
1962	Oficial ou Oficiosa . .	1,311	28 %	86.800	7,7 %	66
	Privada	3.407	72 %	1.040.000	92,3 %	300
	Totais	4.718	100 %	1.126.800	100 %	—
1963	Oficial ou Oficiosa . .	1.862	43 %	212.000	22,5 %	114
	Privada	2.444	57 %	735.000	77,5 %	300
	Totais	4.306	100 %	947.000	100 %	—

Investimento médio anual . . . . . 925.000 contos
Custo médio por habitação . . . . . 232 contos
Custo médio por pessoa alojada . . . . . 70 contos

o custo da construção e do terreno urbanizado (excluido o equipamento colectivo).

Os valores indicados, relativamente à intervenção oficial e oficiosa, apresentados com suficiente aproximação da realidade e estimando-se, por defeito os valores investidos pela iniciativa privada, dão uma ideia da relação percentual:

12 % p/a intervenção oficial e oficiosa e 88 % p/a iniciativa privada, notando-se que esta diferença tende a diminuir, sendo já em 1966 de 22,5% para a primeira e 77,5 % para a segunda. Todavia, o valor médio dos investimentos corresponde a 925 000 contos anuais.

Cabe agora observar que, se em vez de se terem construido 4000 habitações/ano naquelas proporções, se tivessem construido 5000 habitações ano segundo as necessidades apontadas no Quadro II, com vista à resolução do problema em 20 anos, o investimento médio anual, aos preços correntes no mesmo período (1961-63), traduzir-se-ia em cerca de 820 000 contos anuais, tendo-se conseguido, em Lisboa, uma economia da ordem dos 11,5 % por ano.

A constatação deste facto, embora de modo aproximativo, significa que o total dos investimentos no sector da habitação na capital, tem sido superior ao que seria desejável numa política habitacional bem orientada, sendo portanto viável a resolução do problema da habitação, contestando-se a tese, sustentada de ânimo leve, de que o País não tem recursos financeiros para o resolver sob este aspecto.

O que falta, sim, são disposições legais, sobretudo de ordem fiscal, que promovem a canalização de capitais investidos com sentido especulativo, para o sector da habitação social.

Por outro lado, aquele investimento de 820 000 contos anuais, teria representado cerca de 20 % da Formação Bruta de Capital Fixo, verificada em 1966, percentagem esta que corresponde também à quota parte da população residente em Lisboa em relação ao total do Continente.

2.ª PARTE

Conhecidas as necessidades e as possibilidades em termos globais, torna-se agora necessário definir a *Categoria* e o *Tipo* das habitações, qu

certamente terão que estar de acordo com as necessidades e possibilidades das diversas classes sócio-económicas, para que a resolução do problema da habitação de caracter social seja viável.

É o que me proponho abordar nesta segunda parte.

Categoria e Tipo das habitações

Uma das dificuldades que se apresentam é justamente a de fazer corresponder os agrupamentos sócio-económicos às exigências de habitalidade.

Com este objectivo, o Gabinete Técnico da Habitação teve a preocupação de elaborar uma proposta de norma com vista à uniformização na classificação e nomenclatura das habitações de caracter social nos centros urbanos.

Apresentado esse relatório à apreciação de delegados de diversas entidades interessadas, tais como a Direcção Geral de Urbanização, a Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais e

QUADRO IV

Area útil (Au) e Índice de ocupação (Au/n) — **Categoria RM**
Valores médios, por cada Tipo
Tolerância ± 5 %

Áreas (m2)	Designação dos compartimentos	Tipos de habitação e número de ocupantes Tx/y				
		T 1/2	T 2/4	T 3/6	T 4/8	T 5/10
Habitável (1)	Sala comum (2)	12	12	14	16	18
	Quarto 1	10	10	10	10	10
	Quarto 2		8	8	8	8
	Quarto 3			8	8	8
	Quarto 4				8	8
	Quarto 5					8
Ah	Cozinha	5	5	6	6	6
De serviço As	Sanitários	3	3	3	5,5	5,5
	Arrumos	1	1	1	1,5	1,5
De circulações internas Ac	Vestíbulos, Corredores, Escadas interiores (4) (3)	3	3	4	5	5
Útil Au		34	42	54	68	78
De varandas Av		4	4	4	4	4
Au + Av		38	46	58	72	82
Índice de ocupação Au/n		17	10,5	9	8,5	7,8

Observações

(1) — A menor dimensão da Sala Comum não deverá ser inferior a 2,85 m e a dos Quartos não será inferior a 2,50 m, nem a metade da maior dimensão.

(2) — Estes valores poderão ser reduzidos de 10 % quando seja prevista uma varanda em comunicação directa com a Sala Comum e à disposição exclusiva de habitação, com a área mínima de 4 m².

(3) — No máximo de 10 % Au.

(4) — No caso de habitações «Duplex» não é tido em conta no cálculo da área útil do espaço ocupado pela escada particular, mais do que 4 m² por pisos servido.

a Federação de Caixas de Previdência, tendo como introdução uma compilação da legislação portuguesa desde 1918, foi, em princípio, acordada uma classificação em *Categorias* e *Tipos*.

Nesse documento, entendeu-se que a *Categoria* duma habitação de carácter social, em correspondência com as possibilidades de cada *Classe* sócio-económica, pode ser definida em função da área útil, do nível de qualidade e da relação "renda-rendimento" ou seja a percentagem dos proventos do rédito que o agregado familiar pode efectivamente destinar à renda de casa.

Em cada Categoria, haverá então um *Tipo* de habitação que é função da dimensão da família e pode definir-se por

$$Tx/y$$

relacionando o número de quartos de cama com o número de ocupantes, além de outros compar-

QUADRO V

Área útil (Au) e Índice de ocupação (Au/n) — **Categoria I**
Valores médios por cada Tipo
Tolerância ± 5 %

Áreas (m2)	Designação dos compartimentos	Tipo de habitação e número de ocupantes Tx/y					Observações
		T 1/2	T 2/4	T 3/6	T 4/8	T 5/10	
Habitável (1) Ah	Sala comum	14	14	16	18	20	(1) — A menor dimensão da Sala Comum não deverá ser inferior a 2,85 m e a dos quartos não será inferior a 2,50 m, nem a metade da maior dimensão.
	Quarto 1	11	11	11	11	11	
	Quarto 2		9	9	9	9	
	Quarto 3			9	9	9	
	Quarto 4				9	9	
	Quarto 5					9	(2) — Mínimo de 2 % de Au.
	Cozinha	6	6	7	7	7	(3) — Máximo de 10 % de Au.
De serviço As	Sanitários	3,5	3,5	4,5	5,5	5,5	(4) — No caso de habitações «Duplex» não é tido em conta no cálculo da área útil do espaço ocupado pela escada particular, mais do que 4 m² por piso servido.
	Arrumos (2)	1,5	1,5	2	2	2	
De circulações Ac	Vestíbulos, Corredores, Escada interior (4) (3)	3	3	4,5	5,5	5,5	
Útil Au		39	48	63	76	87	
De varandas Av		4	4	4	4	4	
Au + Av		43	52	67	80	91	
Índice de ocupação Au/n		19,5	12	10,5	9,3	8,7	

timentos exigíveis pelo nível de vida das diversas classes sócio-económicas.

Um dos índices característicos será pois a relação entre a área útil e o número de ocupantes

$$\frac{Au}{n}$$

Todavia, o número de compartimentos duma habitação depende ainda do maior ou menor número de ocupantes do mesmo sexo e idade e da densidade do mobiliário exigido por cada classe sócio-económica, devendo ainda ter-se em atenção a evolução normal da vida familiar.

Nos Quadros IV, V, VI, VII, e VIII, apresentam-se as exigências de espaço consideradas em relação à classe social de mais modestos recursos, a que corresponde a Categoria RM (ou de renda módica) e às restantes classes sócio-económicas, a que correspondem as Categorias I, II, III e IV.

QUADRO VI

Area útil (Au) e Índice de ocupação (Au/n) — **Categoria II**
Valores médios, por cada Tipo
Tolerância ± 5 %

Áreas (m2)	Designação dos compartimentos	Tipos de habitação e número de ocupantes Tx/y					Observações
		T 1/2	T 2/4	T 3/6	T 4/8	T 5/10	
Habitável (1) Ah	Sala comum	16	16	18	20	22	(1) — A menor dimensão da Sala Comum não deverá ser inferior a 3,00 m e a dos quartos não será inferior a a 2,50 m, nem a metade da maior dimensão.
	Quarto 1	12	12	12	12	12	
	Quarto 2		10	10	10	10	
	Quarto 3			10	10	10	
	Quarto 4				10	10	
	Quarto 5					10	(2) — Mínimo de 2 % de Au
	Cozinha	7	7	9	9	9	(3) — Máximo de 10 % de Au.
De serviço As	Sanitários	3,5	3,5	4,5	5,5	5,5	(4) — No caso de habitações «Duplex» não é tido em conta no cálculo da área útil do espaço ocupado pela escada particular, mais do que 4 m² por piso servido.
	Arrumos (2)	1,5	1,5	2	2	2	
De circulações Ac	Vestíbulos, Corredores, Escada interior (4) (3	4	4	5,5	6,5	6,5	
Útil Au		44	54	71	85	97	
De varandas Av		4	4	4	4	4	
Au + Av		48	58	75	89	101	
Índice de ocupação Au/n		22	13,5	11,8	10,6	9,7	

A classificação a que acabamos de nos referir e que conviria ser uniformizada em todo o país, pode resumir-se, sob o ponto de vista de espaço, ocupação e escalão económico, segundo o Quadro IX.

O índice Au/n, embora recomendado sob o aspecto técnico, depende actualmente dos critérios, infelizmente não unificados, no momento da atribuição das casas, realizada pelas diversas entidades oficiais.

As recomendações internacionais, relativas ao índice de ocupação, apontam geralmente o valor 10 como limite mínimo, embora nalguns países, com situações de clima inferiores ao nosso, tenham atingido por vezes o valor 8 em realizações de carácter social.

Os valores óptimos, segundo as Normas de Colónia, variam entre 15,5 para o $T_{2/4}$ e 13,7 para o $T_{4/8}$.

Pela análise atenta do que acabamos de expor, poderemos verificar que, sob o ponto de vista de ocupação normal, a Categoria III corresponde pràticamente às Normas de Colónia e que os valores da Categoria I são idênticos aos adoptados

QUADRO VII

Área útil (Au) e Índice de ocupação (Au/n) — **Categoria III**
Valores médios por cada Tipo
Tolerância ± 5 %

Áreas (m2)	Designação dos compartimentos	Tipos de habitação e número de ocupantes					Observações
		$T^{1}/_{2}$	$T^{2}/_{4}$	$T^{3}/_{6}$	$T^{4}/_{8}$	$T^{5}/_{10}$	
Habitável (1) Ah	Sala comum (2)	16	16	20	24	28	(1) — A menor dimensão da Sala Comum não deverá ser inferior a 3,00 m e a dos quartos não será inferior a 2,50 m, nem a metade da maior dimensão.
	Quarto 1	12	12	12	12	12	
	Quarto 2		11	11	11	11	
	Quarto 3			11	11	11	
	Quarto 4				11	11	(2) — Na área da Sala Comum, nas habitacões, T_3, T_4, e T_5, estará integrado eventualmente um anexo isolável por cortina com uma área compreendida entre 6 e 9 m².
	Quarto 5					11	
De serviço As	Cozinha (3)	9	9	11	11	11	
	Sanitários	4,5	4,5	6	7	7	
	Arrumos (4)	2	2	3,5	3,5	3,5	(3) — A Cozinha será sempre independente da Sala comum. Nas áreas indicadas, compreender-se-ão como anexos, uma copa ou um compartimento de lavagens e engomados, costura, etc.
De circulações Ac	Vestíbulos . . . . (5)	6,5	6,5	8,5	9,5	9,5	
	Corredores . . . . (5)						
	Escada interior (6) (5)						
Útil Au		50	61	83	100	115	(4) — Mínimo de 3 % de Au.
							(5) — Máximo de 10 % de Au.
De varandas Av		5	5	5	5	5	(6) — No caso de habitações «Duplex» não é tido em conta no cálculo da área útil do espaço ocupado pela escada particular, mais do que 4 m² por piso servido.
Au + Av		55	66	88	105	120	
Índice de ocupação Au/n		25	15,3	13,8	12,5	11,5	

por muitos paises mais evoluídos, quando se encontraram a braços com situações habitacionais idênticas às que hoje enfrentamos.

Verificamos ainda que a Categoria RM se encontra entre os valores mínimos adoptados por alguns países e que a Categoria IV se poderia já considerar fora do âmbito da habitação social.

A inclusão destas duas categorias extremas, tem apenas em vista que, numa situação provisória, possa a superior compensar o escasso rendimento da inferior.

Admite-se pois que numa política habitacional bem conduzida, possam eliminar-se, em curto período, as necessidades das classes sociais menos favorecidas, por forma a que venham a considerar-se, em futuro próximo, apenas as categorias I, II e III.

Entretanto, e enquanto não for francamente reduzido o *deficit* carencial a que nos referimos na 1.ª Parte, somos de parecer que não será viável deixar de considerar nos próximos programas habitacionais, a inclusão daquelas categorias

QUADRO VIII

Área útil (Au) e Índice de ocupação (Au/n) — **Categoria IV**
Valores médios por cada Tipo
Tolerância ± 5 %

Áreas (m2)	Designação dos compartimentos	Tipos de habitação e número de ocupantes					Observações
		T 1/2	T 2/4	T 3/6	T 4/8	T 5/10	
Habitável 1) Ah	Sala Comum	16	16	20	24	28	(1) — A menor dimensão da Sala Comum não deverá ser inferior a 3,00 m e a do Escritório e dos Quartos não será inferior a 2,50 m nem a metade da maior dimensão.
	Escritório	9	9	9	9	9	
	Quarto 1	14	14	14	14	14	
	Quarto 2		12	12	12	12	
	Quarto 3			12	12	12	
	Quarto 4				12	12	
	Quarto 5					12	(2) — A Cozinha será sempre independente da Sala Comum. Nas áreas indicadas, compreender-se-ão como anexos, uma copa e um compartimento de lavagens e engomados, costura, etc.
De serviço As	Cozinha (2)	11	11	13	13	13	
	Sanitários	4,5	4,5	6	7	7	
	Arrumos (3)	4	4	5,5	5,5	5,5	
De circulações Ac	Vestíbulos . . . . / Corredores . . . / Escada interior (5) (4)	6,5	6,5	8,5	9,5	9,5	(3) — Mínimo de 4 % de Au. (4) — Máximo de 10 % de Au. (5) — No caso de habitações «Duplex» não é tido em conta no cálculo da área útil do espaço ocupado pela escada particular, mais do que 4 m² por piso servido.
Útil Au		65	77	100	118	134	
De varandas Av		5	5	5	5	5	
Au + Av		70	62	105	123	139	
Índice de ocupação Au/n		32,5	19,3	16,7	14,0	13,4	

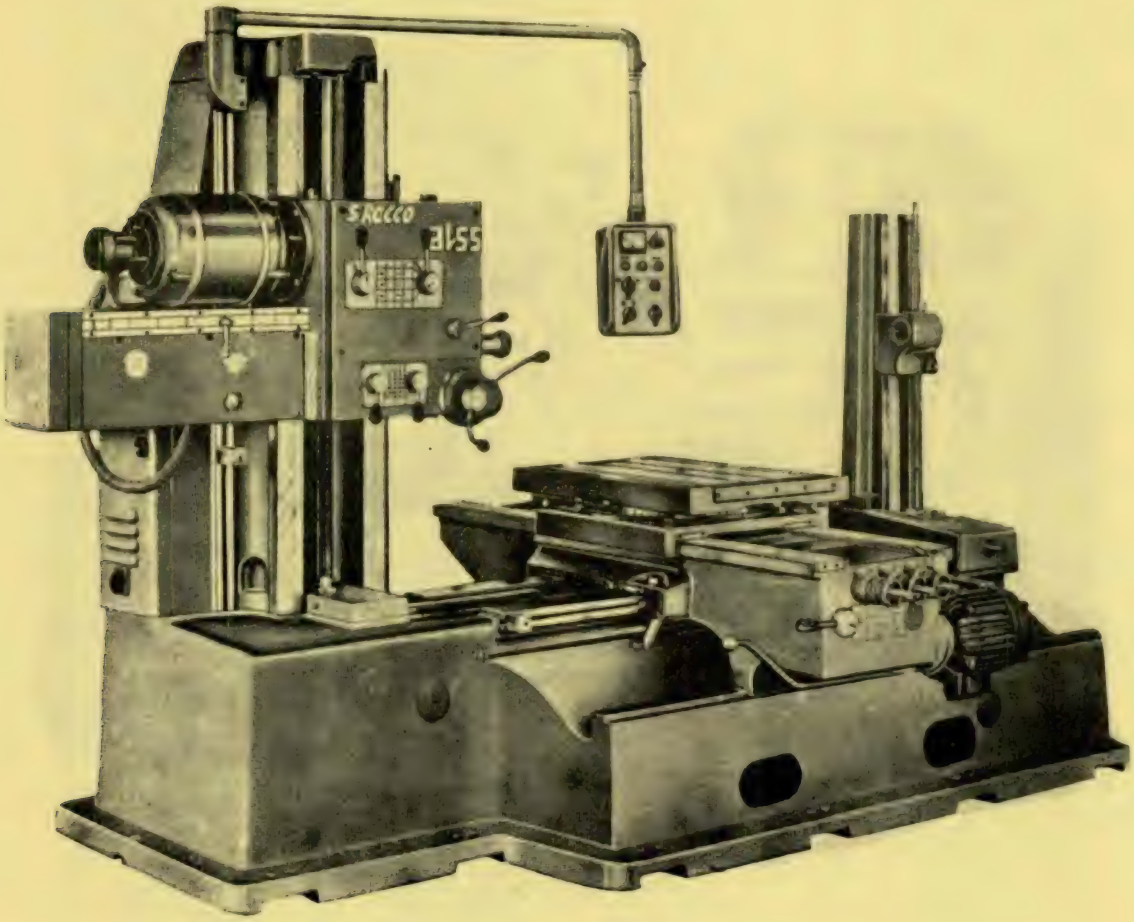
S. ROCCO

MONZA

ITÁLIA

MANDRILADORA

PARTICIPANTE DA 10.ª EXPOSIÇÃO EUROPEIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS
HANNOVER — 17 A 26 DE SETEMBRO DE 1967



REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL

UNIVERSAL

AÇOS, MÁQUINAS E FERRAMENTAS, S.A.R.L.

PORTO
RUA DO CAMPO ALEGRE, 718/746
TELEF. 65151

COIMBRA
RUA SIMÕES DE CASTRO, 159-1.º-D
TELEF. 22735

LISBOA
AVENIDA DA REPÚBLICA, 34 A-34 B
TELEF. 750081

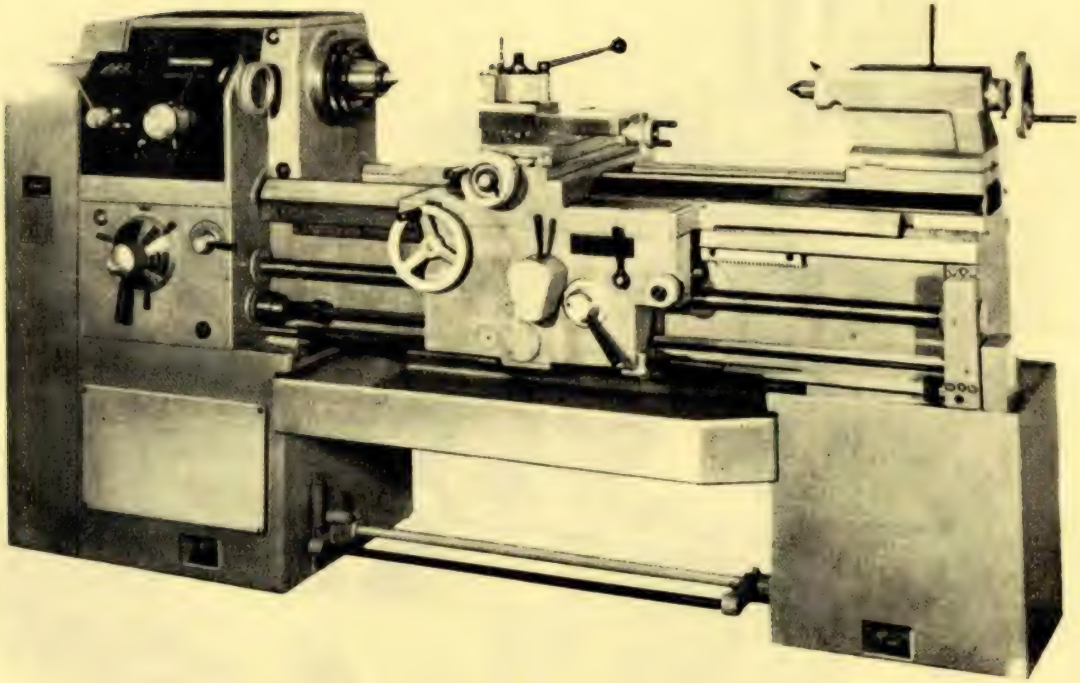
EFI.

PORTO

PORTUGAL

TORNOS

PARTICIPANTE DA 10.ª EXPOSIÇÃO EUROPEIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTAS
HANNOVER — 17 A 26 DE SETEMBRO DE 1967



REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL

UNIVERSAL

AÇOS, MÁQUINAS E FERRAMENTAS, S.A.R.L.

PORTO
RUA DO CAMPO ALEGRE, 718/746
TELEF. 65151

COIMBRA
RUA SIMÕES DE CASTRO, 159-1.º-D
TELEF. 22735

LISBOA
AVENIDA DA REPÚBLICA, 34 A-34 B
TELEF. 750081

RM e IV, a menos que se legisle, em conformidade, quanto ao regime de subsídios de renda de casa.

Dissemos há pouco que infelizmente não tem estado sujeito a um critério unificado, o estabelecimento do índice de ocupação Au/n pelas entidades oficiais e fizemos notar que o número de compartimentos duma habitação depende, não só do número de ocupantes, mas ainda do sexo e idade dos componentes do agregado familiar.

Quer isto dizer que, se para elaborar um programa habitacional integrado num plano de urbanização, se torna necessário conhecer a composição das famílias dos diversos extratos sociais que dele irão beneficiar, mais importante ainda será realizar a atribuição das casas em conformidade com o que foi projectado, evitando uma ulterior sobreocupação, da qual irão resultar os maiores inconvenientes, em virtude, não só da compressão do espaço nas habitações, como do equipamento colectivo insuficiente para atender a esse acréscimo de população mal alojada, pondo em causa todo esse plano de urbanização.

Uma das questões que nos preocupam nesta

QUADRO IX

Resumo da classificação das habitações de carácter social

Tipos	Características (1)	Categorias				
		Rm	I	II	III	IV
$T^{1}/_{2}$	Área útil (m^2) (2)	34	39	44	50	65
	Índice de ocupação (3) . . .	17	19,5	22	25	32,5
	Renda/rendimento (4) . . .	13 %	15 %	17 %	20 %	22 %
$T^{2}/_{4}$	Au	42	48	54	61	77
	Au/n	10,5	22	13,5	15,3	19,3
	r/R	13 %	15 %	17 %	20 %	22 %
$T^{3}/_{6}$	Au	54	63	71	83	100
	Au/n	9	10,5	11,8	13,8	16,7
	r/R	13 %	15 %	17 %	20 %	22 %
$T^{4}/_{8}$	Au	68	76	85	100	118
	Au/n	8,5	9,3	10,6	12,5	14,8
	r/R	13 %	15 %	17 %	20 %	22 %
$T^{5}/_{10}$	Au	78	87	97	115	134
	Au/n	7,8	8,7	9,7	11,5	13,4
	r/R	13 %	15 %	17 %	20 %	22 %

(1) As características de qualldade dos acabamentos e do equipamento, deverão ser definidas pelo índice de custo ou em documento próprio para cada região

(2) Área útil média — Au — Tolerância $\pm$ 5 %

(3) Área útil por ocupante — $\frac{Au}{n}$

(4) Relação «renda-rendimento» $\frac{r}{R}$

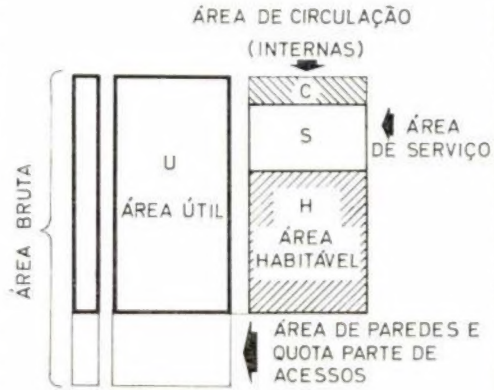
ÍNDICES DE ÁREAS POR CATEGORIAS E TIPOS DE HABITAÇÕES

QUADRO IX a

TIPOS	CATEGORIAS: RM	I	II	III	IV
T1	49,30 / 34 / 15,30 / 3 / 22 / 9 / B/U 1,45	59,28 / 39 / 20,28 / 3 / 11 / 25 / B/U 1,52	67,76 / 44 / 23,76 / 4 / 12 / 28 / B/U 1,54	80,00 / 50 / 30,00 / 6,5 / 15,5 / 28 / B/U 1,60	105,30 / 65 / 40,30 / 8,5 / 19,5 / 39 / B/U 1,62
T2	59,22 / 42 / 17,22 / 3 / 30 / 9 / B/U 1,41	69,12 / 48 / 21,12 / 3 / 34 / 11 / B/U 1,44	79,92 / 54 / 25,92 / 4 / 12 / 38 / B/U 1,48	96,38 / 61 / 35,38 / 6,5 / 15,5 / 39 / B/U 1,58	123,20 / 77 / 46,20 / 6,5 / 19,5 / 51 / B/U 1,60
T3	72,36 / 54 / 18,36 / 4 / 40 / 10 / B/U 1,34	83,79 / 63 / 20,79 / 4,5 / 13,5 / 45 / B/U 1,33	100,82 / 71 / 29,82 / 5,5 / 15,5 / 50 / B/U 1,42	123,67 / 83 / 40,67 / 8,5 / 20,5 / 54 / B/U 1,49	150,00 / 100 / 50,00 / 8,5 / 24,5 / 67 / B/U 1,50
T4	89,76 / 68 / 21,76 / 5 / 50 / 13 / B/U 1,32	100,32 / 76 / 24,32 / 5,5 / 56 / 14,5 / B/U 1,32	117,30 / 85 / 32,30 / 5,5 / 16,5 / 62 / B/U 1,38	143,00 / 100 / 43,00 / 9,5 / 21,5 / 69 / B/U 1,43	171,10 / 118 / 51,10 / 9,5 / 25,5 / 83 / B/U 1,45
T5	102,96 / 78 / 24,96 / 5 / 13 / 60 / B/U 1,32	114,84 / 87 / 27,84 / 5,5 / 14,5 / 67 / B/U 1,32	130,95 / 97 / 33,95 / 6,5 / 16,5 / 74 / B/U 1,35	165,30 / 115 / 48,30 / 9,5 / 21,5 / 84 / B/U 1,42	190,28 / 134 / 56,28 / 9,5 / 25,5 / 99 / B/U 1,42

LEGENDA

VALORES EM m^2



2.ª Parte da exposição é a definição do *Níve de Qualidade* de cada categoria de habitações.

Este parâmetro terá de vir a ser fixado por cada região do país, pelos Gabinetes Técnicos Municipais, podendo ainda ser definido, em primeira aproximação, através do índice

Horas — operário / m² de área bruta
ou Horas — operário / habitação.

Para Lisboa e tomando por base 1 o custo médio das habitações da Categoria II, pode ser expresso segundo o Quadro X.

QUADRO X

Categoria das habitações	Custo médio de construção por habitação (base 1)	Número de horas-operário (1)	
		Por m2 de área bruta	Por habitação
RM	0,57	75	4 920
I	0,74	80	6 450
II	1	90	8 650
III	1,57	100	13 450
IV	2,23	115	19 100

3.ª PARTE

Chegamos assim à 3.ª Parte do sumário de questões que nos propuzemos abordar.

Sobre estes aspectos tem-se o Gabinete Técnico de Habitação preocupado com a investigação relativa à Análise de Custos e à Estatística da Construção tendo em vista a determinação das soluções mais económicas.

O Sector da Economia das Construções do Serviço de Investigação do G. T. H., tem-se ocupado destas questões, procedendo à análise sistemática de custos dos projectos mais representativos e do control dos tempos de execução e consumo de materiais, em diversos estaleiros.

Os custos unitários de construção encontrados em cada categoria, segundo os preços do mercado no início de 1966, com base em orçamentos elaborados no G. T. H. e corrigidos pelos valores de adjudicação, eram da seguinte ordem de grandeza:

750$/m² para a Categoria RM
800$/m² » » » I
900$/m² » » » II
1000$/m² » » » III
e 1150$/m² » » » IV

No momento presente, considerando a evolução do agravamento de custo dos materiais e da mão-de-obra, poderemos admitir um aumento da ordem dos 20 %.

Segundo uma análise feita com base nos projectos do 3.º Plano de Olivais-Sul, o valor percentual dos custos dos diversos elementos de construção, em função do custo total dos edifícios, está indicado nos Quadros XI, XII, XIII e XIV.

Neste Sector da Economia das Construções, existe ainda um *ficheiro de preços compostos* sempre actualizado, graças ao constante contacto com inúmeros fornecedores.

Todavia, dada a escassez da mão-de-obra e da baixa do seu nível de especialização, em virtude da emigração verificada no país nos últimos anos, procura-se, no momento presente, através de um serviço de *Estatística da Construção*, determinar os índices-base dos preços compostos mais significativos, através dum controle dos tempos de execução e dos consumos de materiais dos diversos elementos de construção.

Porém, os elementos recentemente encontrados para as alvenarias de tijolo, reboco, estuque e betão em obra, não alteraram sensìvelmente os índices adoptados nas respectivas fichas de preços compostos existentes.

A análise da Produtividade dos estaleiros, não tem sido levada a efeito ùltimamente, por falta de elementos de trabalho no respectivo serviço de estatística.

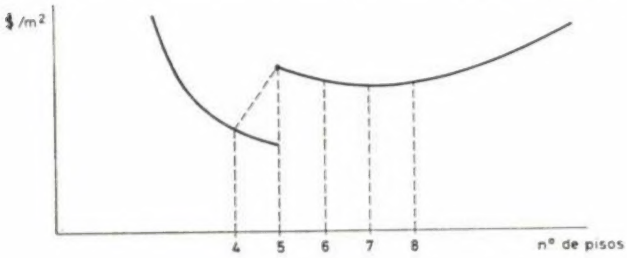
Entretanto, os índices encontrados, relativamente às primeiras realizações de Olivais-Norte (1962/63), foram extremamente baixos:

> 0,66 a 0,68 habitações / ano-operário, correspondendo a 95 a 105 horas-operário / m² construido, com uma relação de 40 % de operários especializados e 60 % de operários não especializados.

As *soluções mais económicas* dependem das concepções arquitectónica e de estrutura, dos edifícios.

(1) — Considera-se o preço actual da hora-operário de 10$00, inchindo encargos sociais (1966).

As análises de custo em ordem ao número de pisos, conduzem a curvas do seguinte tipo:



tendo-se constatado serem preferíveis as soluções de:

4 a 5 pisos, sem ascensores p/as categorias RM e I

6 a 10 pisos, com ascensores p/a categoria II com o custo mínimo para os 7/8 pisos

6 a 12 pisos com ascensores p/as categorias III e IV com o custo mínimo para o 8.º piso.

Quanto à *concepção arquitectónica* e composição dos edifícios, são geralmente mais económicas as «bandas contínuas».

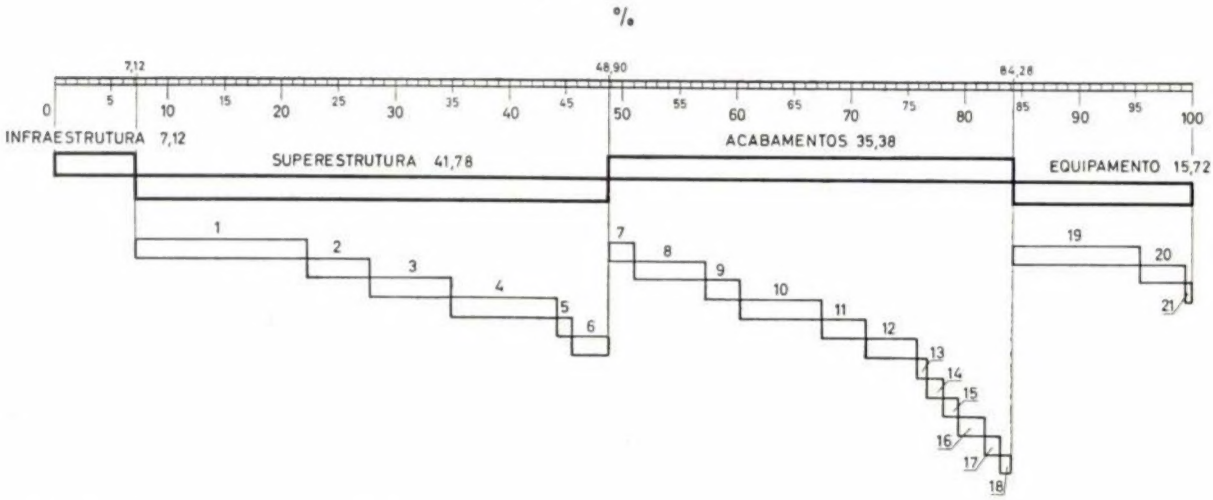
Os edifícios «isolados» conduzem a agravamento de custo da ordem dos 10 % em relação àquela outra solução.

Para as «torres», o custo mínimo, encontra-se entre o 8.º e 14.º pisos.

Um estudo feito sobre concepção de estruturas, para um edifício de habitações, em pórticos de betão armado, em paredes transversais resistentes de tijolo, e em paredes transversais de betão ligeiramente armado, concluiu por esta última como sendo a mais económica, sendo a primeira solução a mais dispendiosa.

Isto confirma em sentido favorável, a adopção daquele sistema em muitas das mais recentes realizações em França e outros países, conduzindo

QUADRO XI



1	Estrutura	15.15	
2	Paredes exteriores	5.56	
3	Paredes interiores	7.17	
4	Pavimentos	9.39	
5	Escadas	1.48	
6	Cobertura	3.03	
7	Cobertura	1.84	
8	Pavimentos	6.60	
9	Paredes exteriores	3.08	
10	Paredes interiores e tectos	7.21	
11	Portas	3.83	
12	Janelas	4.52	
13	Roda-pés	0.89	
14	Armários Roupeiros, de cozinha e outros	1.43	
15	Ferragens e acessórios	1.29	
16	Serralharias e metais trabalhados	2.45	
17	Pinturas	1.25	
18	Vidros	0.99	
19	Canalizações e instalações sanitárias	11.24	
20	Instalação eléctrica	3.97	
21	Instalação de gás	0.51	
22	Ascensores		
23	Evacuação de lixos		

Olivais Sul. 3.º Plano. Custos em percentagem do custo total do edifício

Categoria I

a soluções propícias aos processos de pre-fabricação semi-pesada.

Entretanto, é de notar, que o custo total duma habitação, é sempre a soma de duas parcelas importantes: o Custo da Construção e o Custo de terreno urbanizado.

Esta quota parte do custo do terreno urbanizado incluindo o valor da aquisição, os encargos de urbanização e o custo dos projectos, pode mesmo condicionar a *densidade habitacional global* dum determinado plano urbanistico ou pôr em causa o local escolhido para fins de caracter social, em face da sua valorização.

Para uma operação de 1000 habitações de caracter social, segundo as necessidades apontadas no Quadro II, somos conduzidos, segundo uma rentabilidade média da ordem dos 6 % aos seguintes valores médios:

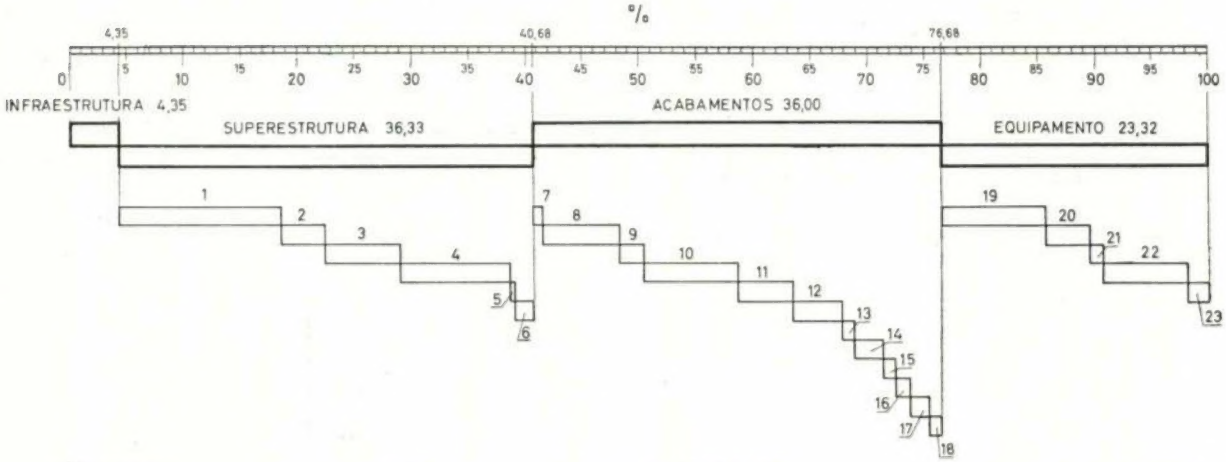
Custo de construção	90	contos/habitação
Custo do terreno urbanizado	30	» »
	120	» »

Considerando neste programa-tipo a inclusão do número necessário de habitações de renda livre, tendo em conta os valores médios da venda de terrenos em hasta pública na Zona Oriental da cidade, o custo total do terreno urbanizado, para esta operação, seria da ordem dos 37 000 contos.

Se tivermos em conta o valor médio do custo unitário do terreno urbanizado (cerca de 220$/m²) das recentes realizações naquela Zona da cidade, tornar-se-ia necessária uma densidade global em relação a toda a superficie urbanizada, de

$$\frac{1000}{\frac{37\,000}{2200 \text{ c.}/\text{ha}}} \approx 60 \text{ habitações}/\text{ha}$$

QUADRO XII



1 Estrutura	14.28	13 Roda-pés	0.88
2 Paredes exteriores	3.84	14 Armários Roupeiros, de cozinha e outros	2.61
3 Paredes interiores	6.66	15 Ferragens e acessórios	1.09
4 Pavimentos	9.42	16 Serralharias e metais trabalhados	1.34
5 Escadas	0.50	17 Pinturas	1.78
6 Cobertura	1.63	18 Vidros	1.00
7 Cobertura	0.92	19 Canalizações e instalações sanitárias	9.07
8 Pavimentos	6.55	20 Instalação eléctrica	3.80
9 Paredes exteriores	2.32	21 Instalação de gás	1.15
10 Paredes interiores e tectos	8.39	22 Ascensores	7.58
11 Portas	4.59	23 Evacuação de lixos	1.72
12 Janelas	4.53		

Olivais Sul. 3.º Plano. Custos em percentagem do custo total do edifício

Categoria II